

**STUDIA NAD ZMIENNOŚCIĄ WYBRANYCH CECH
MORFOLOGICZNYCH I UŻYTKOWYCH RODZAJU *LUPINUS*,
ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM MIESZAŃCÓW
WEWNĄTRZ I MIĘDZYGATUNKOWYCH**

Renata Galek

**STUDIA NAD ZMIENNOŚCIĄ WYBRANYCH CECH
MORFOLOGICZNYCH I UŻYTKOWYCH RODZAJU *LUPINUS*,
ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM MIESZAŃCÓW
WEWNĄTRZ I MIĘDZYGATUNKOWYCH**



Wrocław

Autor
dr Renata Galek

Opiniodawca
prof. dr hab. Wojciech K. Święcicki, członek korespondent PAN

Redaktor merytoryczny
prof. dr hab. inż. Zofia Spiak

Opracowanie redakcyjne
Anna Piskor

Korekta
Ewa Jaworska

Łamanie
Alina Gebel

Projekt okładki
Kornel Owczarek

Monografie CVI

© Copyright by Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu,
Wrocław 2010

ISSN 1898-1151
ISBN 978-83-7717-028-1

WYDAWNICTWO UNIwersYTETU PRZYRODnicZEGO WE WROCLAWIU

Redaktor Naczelny – prof. dr hab. Andrzej Kotecki
ul. Sopocka 23, 50-344 Wrocław, tel. 71 328-12-77
e-mail: wyd@up.wroc.pl

Nakład 100 + 16 egz. Ark. wyd. 8,2. Ark. druk. 7,75
Druk i oprawa: F.P.H. „ELMA”

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP I CEL PRACY	7
2. SYSTEMATYKA, GEOGRAFICZNE ROZMIESZCZENIE GATUNKÓW I ICH CHARAKTERYSTYKA	10
2.1. Taksonomia i filogeneza rodzaju <i>Lupinus</i>	10
2.2. Występowanie oraz charakterystyka uprawnych i dzikich gatunków łubinu.....	12
2.2.1. Gatunki Starego Świata	13
2.2.2. Charakterystyka uprawnego gatunku Nowego Świata – <i>L. mutabilis</i> Sweet.....	17
2.3. Poszerzanie zmienności genetycznej w rodzaju <i>Lupinus</i>	19
2.3.1. Krzyżowanie wewnątrzgatunkowe oraz indukowanie mutacji.....	19
2.3.2. Krzyżowanie międzygatunkowe	21
3. MATERIAŁ I METODY BADAŃ.....	25
3.1. Materiał do badań	26
3.1.1. Kolekcja gatunków dzikich i uprawnych łubinu – seria I doświadczeń	26
3.1.2. Mieszańce wewnątrzgatunkowe łubinu andyjskiego – seria II doświadczeń	26
3.1.3. Mieszańce międzygatunkowe – seria III doświadczeń	27
3.1.4. Warunki klimatyczno-glebowe prowadzenia doświadczeń polowych oraz charakteryzowane cechy u ocenianych gatunków i mieszańców w trzech seriach doświadczeń polowych.....	27
3.1.5. Opracowanie statystyczne	29
3.2. Otrzymywanie nowych mieszańców w rodzaju <i>Lupinus</i>	29
3.2.1. Mieszańce wewnątrzgatunkowe <i>L. angustifolius</i>	29
3.2.2. Mieszańce międzygatunkowe między sekcjami <i>Albus</i> i <i>Atlanticus</i>	30
4. WYNIKI	32
4.1. Charakterystyka zmienności przedstawicieli dzikich gatunków łubinu na tle form uprawnych pod względem cech morfologicznych, struktury plonu oraz faz fenologicznych w warunkach Dolnego Śląska.....	32

4.2. Charakterystyka zmienności mieszańców wewnątrzgatunkowych <i>L. mutabilis</i> pod względem cech morfologicznych, struktury plonu oraz faz fenologicznych w warunkach Dolnego Śląska	35
4.3. Charakterystyka zmienności mieszańców międzygatunkowych <i>L. albus</i> sensu lato i <i>L. mutabilis</i> pod względem cech morfologicznych, struktury plonu oraz faz fenologicznych w warunkach Dolnego Śląska.....	37
4.4. Otrzymywanie nowych mieszańców w rodzaju <i>Lupinus</i>	41
4.4.1. Mieszańce wewnątrzgatunkowe <i>L. angustifolius</i>	41
4.4.2. Mieszańce międzygatunkowe łubinu – między sekcjami <i>Albus</i> i <i>Atlanticus</i>	43
5. DYSKUSJA	54
5.1. Charakterystyka zmienności przedstawicieli dzikich gatunków łubinu pod względem cech morfologicznych, struktury plonu oraz faz fenologicznych w warunkach Dolnego Śląska na tle form uprawnych.....	54
5.2. Charakterystyka zmienności mieszańców wewnątrzgatunkowych <i>L. mutabilis</i> pod względem cech morfologicznych, struktury plonu oraz faz fenologicznych w warunkach Dolnego Śląska	57
5.3. Charakterystyka zmienności mieszańców międzygatunkowych <i>L. albus</i> sensu lato i <i>L. mutabilis</i> pod względem cech morfologicznych, struktury plonu oraz faz fenologicznych w warunkach Dolnego Śląska.....	59
5.4. Otrzymywanie nowych mieszańców w rodzaju <i>Lupinus</i>	61
5.4.1. Mieszańce wewnątrzgatunkowe <i>L. angustifolius</i>	61
5.4.2. Mieszańce międzygatunkowe między sekcjami <i>Albus</i> i <i>Atlanticus</i>	65
6. PODSUMOWANIE	70
7. PIŚMIENNICTWO	72
8. ZAŁĄCZNIK	85

1. WSTĘP I CEL PRACY

Rodzaj *Lupinus* stanowi dużą grupę ciekawych i jednocześnie użytecznych gatunków, nie w pełni wykorzystanych, pomimo wielowiekowej tradycji uprawy. Użytkowane rolniczo są tylko gatunki jednoroczne łubinu – łubin żółty, biały, wąskolistny oraz andyjski. Ten ostatni gatunek zwany „soją andyjską”, ze względu na wysoką zawartość białka (do 50%) i tłuszczu (20%) jest wartościowym gatunkiem pod względem żywieniowym i pastewnym. Uprawia się go w Ameryce Południowej na wysokościach od 1800 do 3000 m n.p.m [Caligari i in. 2000, Baer von 2008]. Łubiny są perspektywicznymi roślinami o niezwykle szerokim zakresie zastosowań. Gatunki uprawne stanowią doskonałe źródło białka i tłuszczu, dlatego wykorzystuje się je w diecie ludzkiej i żywieniu zwierząt. Uprawiane są na nasiona lub zieloną masę. Z nasion otrzymuje się mąkę, preparaty i izolaty białkowe. Białko łubinowe posiada wysoką strawność i jest wykorzystywane jako dodatek do żywności niskokalorycznej lub przeznaczonej dla diabetyków, a przede wszystkim jako dodatek w paszach dla zwierząt [Gawłowska i Święcicki 2007, Lampart-Szczapa i Łoza 2007, Sweetingham i Kingwell 2008, Mazurkiewicz i in. 2007, Święcicki i in. 2007, Fychan i in. 2008, Baer van 2008, Sipsas 2008].

Odkrywanie łubinu „na nowo” związane jest z aktualnymi światowymi tendencjami w agrotechnice, które zmierzają do propagowania rolnictwa ekologicznego mającego na celu ochronę środowiska naturalnego. Cechą charakterystyczną łubinów jest zdolność do symbiozy z bakteriami z rodzaju *Bradyrhizobium* wiążącymi wolny azot atmosferyczny. Dzięki temu niektóre gatunki rosną dobrze na glebach ubogich, lekkich, o kwaśnym odczynie, a kwas cytrynowy wydzielany przez korzenie do gleby przyczynia się do uwalniania fosforu organicznego, czyniąc go dostępnym również dla innych roślin. Z uwagi na korzystny wpływ łubinu na żyzność i kulturę gleby oraz zdrowotność roślin następczych należy on do pożądaných elementów w zmianowaniu, zwłaszcza w roli rośliny rotacyjnej ze zbożami i roślinami oleistymi. Łubiny w istotny sposób wpływają na wzrost plonowania roślin następczych uprawianych po nich [Księżak i Borowiecki 2001, Katańska-Kaczmarek i in. 2007, Faligowska i Szukała 2007, Stawiński 2007].

Niezwykła zdolność adaptacyjna była przyczyną rozprzestrzenienia się gatunków łubinu na kilku kontynentach. Mogą one zasiedlać i egzystować w skrajnych siedliskach, na obszarach górskich i nizinnych, w zróżnicowanych warunkach wilgotnościowych i termicznych. Typowymi glebami, na których rosną prawie wszystkie gatunki łubinu, są gleby lekkie, kwaśne, aż po obojętne. Niektóre gatunki tolerują cięższe i kamieniste gleby alkaiczne. Zasiedlane przez łubiny gleby są zwykle przesuszone i głębokie oraz ubogie w azot [Cowling i in. 1998, Buirchel 1994].

Łubiny należą też do roślin pionierskich na terenach, które podległy erozji (np. wywołanej aktywnością wulkanów) [Findley 1981]. Niektóre wieloletnie gatunki (np. *L. arboreus* czy *L. nootkatiensis*) są wykorzystywane do zapobiegania erozji gleby [Dick

1994, Magnusson i in. 2004]. Ciekawym odkryciem było znalezienie na Alasce zamrożonych nasion łubinu *L. arcticus* pochodzących sprzed 15 tys. lat, które zachowały zdolność kiełkowania [Porsild i in. 1967].

Łubiny od dawna znane są jako rośliny ozdobne – szczególnie gatunki *L. x Russel* oraz *L. polyphyllus*, *L. perennis*, *L. luteus* czy *L. pilosus*. Ponadto związki alkaloidowe, przeważnie z grupy chinolizydynowej, zawarte w nasionach łubinu, mogą być przydatne do produkcji leków obniżających ciśnienie krwi i przeciwbólowych. Spośród około stu opisanych różnych alkaloidów występujących w nasionach łubinu, tylko kilka znalazło zastosowanie w przemyśle farmaceutycznym [Bobkiewicz i in. 1994, Martins i in. 2005, Lampart-Szczapa i Łoza 2007, Sweetingham i Kingwell 2008].

Warunki klimatyczne Polski nie są sprzyjające uprawie soi, dlatego łubin charakteryzujący się podobnymi walorami jakościowymi nasion ma największe szanse jej częściowego zastąpienia, zwłaszcza w sytuacji braku społecznej akceptacji importu transgenicznej soi oraz uchwalenia 22 VI 2006 r. „Ustaw o paszach”. Polska w celu zaspokojenia potrzeb paszowych rocznie potrzebuje około 1 mln ton białka roślinnego. Zapotrzebowanie to dotychczas pokrywano przez import 1,7 mln ton śruty sojowej, co odpowiada 0,8 mln ton białka. Realizacja zapisu art. 15 „Ustawy o paszach” wymaga znalezienia zastępczych, wysokobiałkowych składników pasz, porównywalnych pod względem jakościowym i ekonomicznym [Święcicki i in. 2007, Brzóska 2009]. Mogą nimi być uprawiane w kraju na różnych typach gleb rośliny strączkowe (groch – 22% białka, bobik – 34%, łubiny – 36–44%), a także poekstrakcyjna śruta rzepakowa (35% białka). Wprowadzenie tych komponentów do pasz wymaga uwzględnienia zawartości białka, jego wartości biologicznej oraz związanych z tym efektów uzyskiwanych w żywieniu zwierząt gospodarskich. Nie bez znaczenia jest pełniejsze wykorzystanie łubinu pod warunkiem poprawienia stabilności plonowania [Faligowska i Szukała 2007, Katańska-Kaczmarek i in. 2007, Prusiński 2007, Pała i in. 2008, Thiele i in. 2008].

W hodowli łubinu postęp wynika z zastosowania krzyżowań międzyodmianowych, mutacji spontanicznych i indukowanych oraz prowadzonej stale selekcji. Możliwość zwiększenia zmienności genetycznej na drodze wykorzystania mieszańców oddalonych w rodzaju *Lupinus* są utrudnione poprzez różnice występujące w liczbie chromosomów między gatunkami uprawnymi należącymi do różnych sekcji taksonomicznych i wytworzonych w toku ewolucji barier cytogenetycznych. W związku z taką sytuacją istnieje konieczność prowadzenia oddzielnej hodowli każdego uprawnego gatunku łubinu (biały, żółty, wąskolistny). W światowej literaturze można jednak spotkać informacje o uzyskanych mieszańcach międzygatunkowych w rodzaju *Lupinus*, co oznacza, że istnieje możliwość przełamania barier niekrzyżowalności i otrzymania stabilnych mieszańców [Brejda i Sawicka-Sienkiewicz 1997, Święcicki i in. 1999, Augiewicz i in. 2001, Clements i in. 2008].

Równocześnie rodzaj *Lupinus* jest interesującym materiałem badawczym ze względu na znaczną liczbę niekrzyżujących się między sobą gatunków z dwu centrów pochodzenia – Nowego i Starego Świata – o różnicowanych właściwościach biologicznych, szerokim zakresie stopnia ploidalności czy też odmiennych wymaganiach środowiskowych. Bliższe poznanie procesów niezgodności występujących przy krzyżowaniu pozwala na wyjaśnienie zależności taksonomicznych w rodzaju *Lupinus*. Z uwagi na szereg korzystnych właściwości, dzikie gatunki łubinu mogłyby być wykorzystywane w ho-

dowli nowych odmian, pod warunkiem przełamania barier krzyżowalności międzygatunkowej występujących bardzo wyraźnie w rodzaju *Lupinus*. Ponadto szereg gatunków może mieć zastosowanie jako rośliny alternatywne do rekultywacji gleb zdegradowanych przez przemysł lub kłęski ekologiczne [Williams i in. 1980, Roy i Gladstones 1985, 1988, Cowling i in. 1998, Naganowska i in. 2003, Wilson i in. 2008, Clements i in. 2008].

Dodatkową barierą dla postępu hodowlanego jest nieduża, wewnątrzgatunkowa zmienność naturalna oraz na niewielką skalę wdrożone w badaniach, a zwłaszcza w praktycznej hodowli łubinu, metody biotechnologiczne z zakresu genetyki i cytogenetyki molekularnej czy kultur *in vitro*, zwłaszcza do tworzenia mieszańców oddalonych oraz haploidywacji materiałów hodowlanych [Kasten i Kunert 1991, Kasten i in. 1991, Gladstones i in. 1998, Kruszka i Wolko 1999, Rybczyński 2001, Naganowska 2001, Hajdera i in. 2003, Bayliss i in. 2004, Sawicka-Sienkiewicz i Augiewicz 2004, Sonntag i in. 2005, Sawicka-Sienkiewicz i in. 2005, Galek i in. 2006, Sawicka-Sienkiewicz i in. 2006a, 2006b, Nelson i in. 2006]. Metody biotechnologiczne z dużym powodzeniem są stosowane u innych gatunków roślin uprawnych, przyspieszając znacznie otrzymywanie i ocenę wytwarzanych materiałów hodowlanych. W celu praktycznego wykorzystania indukowanej zmienności i zwiększenia efektywności programów hodowlanych, niezbędne jest stworzenie odpowiedniej bazy genetycznej oraz poznanie i wykorzystanie zmienności w konkretnych warunkach klimatycznych [Römer i Jahn-Deesbach 1992, Buirchell 1994, Galek i Sawicka-Sienkiewicz 2001, Clements i in. 2008].

Dlatego celem podjętych badań było przeprowadzenie oceny zróżnicowania pod względem wybranych cech morfologicznych, struktury plonu oraz fenologii następujących grup materiałów kolekcyjnych:

1. dzikich gatunków – *L. hispanicus subsp. hispanicus*, *L. cosentinii*, *L. atlanticus*, *L. pilosus*, *L. palaestinus* ocenianych na tle wybranych genotypów z gatunków uprawnych (*L. angustifolius*, *L. albus*, *L. mutabilis*);
2. mieszańców wewnątrzgatunkowych *L. mutabilis*;
3. mieszańców międzygatunkowych pokolenia F₆₋₈ – otrzymanych ze skrzyżowania łubinu białego (*L. albus sensu lato*) i łubinu andyjskiego (*L. mutabilis*) [Brejda i Sawicka – Sienkiewicz 1997];
4. mieszańców pokolenia F₂ *L. angustifolius*, które przeanalizowano pod względem zmienności cech morfologicznych oraz stopnia ich odziedziczalności.

Podjęto także próbę międzygatunkowej hybrydyzacji i wykonano badania dotyczące możliwości otrzymania nowych mieszańców międzygatunkowych między sekcjami *Albus* i *Atlanticus*. Określono bariery, które uniemożliwiają lub utrudniają poszerzanie zmienności genetycznej na drodze krzyżowania oddalonego. W tym celu przeanalizowano proces zapylenia – osadzanie się pyłku na znamieniu słupka, przerastanie łagiewek pyłkowych przez szyjkę słupka oraz załazek i rozwój zarodków mieszańcowych.

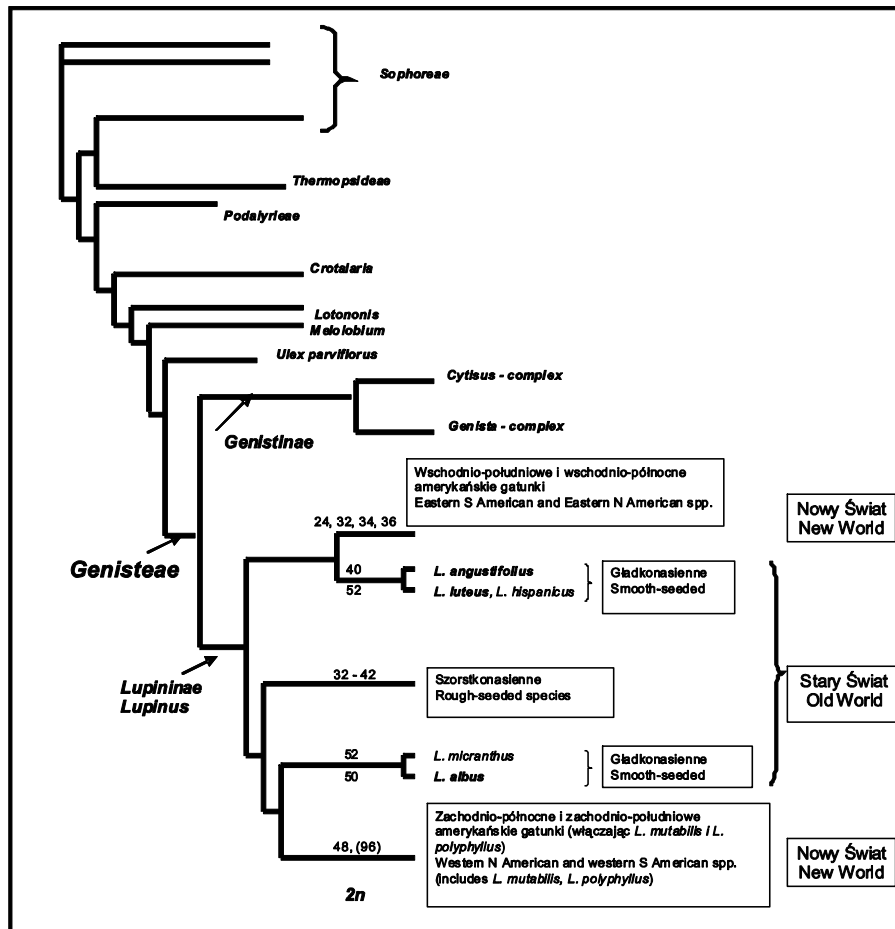
2. SYSTEMATYKA, GEOGRAFICZNE ROZMIESZCZENIE GATUNKÓW I ICH CHARAKTERYSTYKA

2.1. Taksonomia i filogeneza rodzaju *Lupinus*

Gatunki należące do rodzaju *Lupinus* mają za sobą długą drogę ewolucji, co spowodowało ich duże zróżnicowanie i odrębność taksonomiczną od innych roślin strączkowych. Rodzaj *Lupinus* Tourn. należy do klasy dwuliściennych (*Dicotyledones*), rodziny *Fabaceae*. Dalsza klasyfikacja taksonomiczna budziła kontrowersje i można wyróżnić dwie odmienne hipotezy dotyczące pochodzenia i systematyki [Gladstones 1974, 1984, 1988, Dunn 1984, Gros 1986, Planchuelo 1984, 1994]. Według obu łubin wywodzi się z prymitywnego szczepu *Sophoreae* należącego do podrodziny *Papilionoideae* [Gladstones 1998], rosnącego w warunkach tropikalnych i subtropikalnych. Te z kolei powstały z jeszcze prymitywniejszych strączkowych *Caesalpinioideae* 40–70 mln lat BC [Polhill i in. 1981, Raven i Polhill 1981]. Jedną z hipotez zakłada, że rodzaj *Lupinus* należy do plemienia *Genisteae* [Polhill 1976]. Poza tym proponowano utworzenie z rodzaju *Lupinus* podplemienia *Lupininae*, natomiast pozostałe gatunki i rodzaje z plemienia *Genisteae* umieszczono w podplemieniu *Genistinae* [Bisby 1981].

Odmianą teorię pochodzenia łubinu zaproponowali Dunn [1984] i Gross [1986]. Według tych badaczy rodzaj *Lupinus* pochodzi z Ameryki południowej z *Crotolarieae*, rozważane kiedyś jako podplemię *Genisteae*, które obecnie, na podstawie analizy DNA, uważane jest za oddzielne plemię. Gladstones [1998] uważał, że pierwsza wersja jest najprawdopodobniejsza, jednakże nie można wykluczyć udziału *Crotolarieae* w ewolucji łubinu, ponieważ wspomniane wcześniej dowody [Käss i Wink 1997, Gladstones 1998] nie potwierdzają jego bezpośredniego pochodzenia z *Sophoreae*, *Thermopsidae* czy *Crotolarieae*.

Wyniki analiz DNA [Wink i in. 1999] oparte na nukleotydowych sekwencjach genu chloroplastowego *rbcL* i jądrowego (ITS I&II) przyczyniły się w końcu do wyjaśnienia i zrozumienia zależności filogenetycznych oraz geograficznej migracji przodków rodzaju *Lupinus*. Potwierdziły jego monofiletyczny model ewolucji i wykazały bliskie pokrewieństwo z *Cytisus/Genista* complex. Rodzaj *Melolobium* i część *Argyrolobium* zawieszono między plemionami *Crotolarieae* i *Genisteae* (rys. 1) nie są częścią *Genisteae*, jak postulował Polhill (1994). Zaliczenie rodzaju *Lupinus* przez Bisby'ego [1981] do podplemienia *Genisteae* było najbardziej wskazane. Na podstawie analiz DNA stwierdzono, że przodkowie łubinu, w odniesieniu do innych gatunków należących do *Genisteae* i wielu innych plemion strączkowych, pochodzą z rejonu śródziemnomorskiego, tzw. Starego Świata.



Rys. 1. Zależności filogenetyczne łubinów Starego i Nowego Świata
 Fig. 1. Phylogenetic relationships among Old and New World lupines

Najbardziej prawdopodobne jest to, że łubiny rozwinęły się w regionie Starego Świata i zostały rozproszone w południowej Ameryce 8 mln lat temu – prawdopodobnie przez silne huragany. Druga linia łubinów Starego Świata mogła przedostać się poprzez cieśninę Beringa 4 miliony lat temu do Ameryki Północnej. Huragany transportujące nasiona bezpośrednio do Ameryki Północnej mogą wyjaśnić pochodzenie przodków amerykańskich gatunków. Z Ameryki Północnej łubiny migrowały do części centralnej na tereny Andów Ameryki Południowej. Stanowią one grupę najmłodszą. Ich dalsza ewolucja zachodziła w Andach. Teoria ta wyjaśnia podobieństwo między *L. mutabilis* i niektórymi gatunkami zachodnio-północnoamerykańskimi oraz śródziemnomorskimi, a także duże różnice między łubinem andyjskim a gatunkami występującymi na

wschodnim wybrzeżu Ameryki Południowej. Na podstawie analiz DNA można graficznie przedstawić zależności filogenetyczne między gatunkami Starego i Nowego Świata, co ilustruje uproszczony dendrogram – rys. 1, sporządzony na podstawie danych zawartych w licznych opracowaniach [Käss i Wink 1997, Ainouche i Bayer 1999, Wink i in. 1999, Merino i in. 2000, Naganowska i in. 2003, Eastwood i Hughes 2008, Eastwood i in. 2008].

Gatunki szorstkonasienne ze Starego Świata są bliżej spokrewnione z *L. albus* oraz *L. mutabilis*, niż z łubinami gładkonasiennymi *L. luteus* czy *L. angustifolius*, co z pewnością znajduje odzwierciedlenie w możliwościach otrzymywania mieszańców międzygatunkowych [Kazimierski 1961, Williams i in. 1980, Roy i Gladstones 1988, Carstairs i in. 1992, Brejda i Sawicka-Sienkiewicz 1997, Przyborowski 2003, Sonntag i in. 2005, Wilson i in. 2008, Clements i in. 2008].

2.2. Występowanie oraz charakterystyka uprawnych i dzikich gatunków łubinu

Rodzaj *Lupinus* posiada dwa centra naturalnego występowania. Pierwsze z nich to rejon śródziemnomorski, tzw. Stary Świat, z niszami ekologicznymi sięgającymi aż do Afryki centralnej. Drugie obejmuje zachodnie wybrzeże Ameryki i biegnie poprzez Alaskę aż po Argentynę, z dużym centrum w Brazylii – tzw. Nowy Świat. Północno-amerykański region występowania łubinów rozciąga się od Ameryki Centralnej przez góry Sierra Madre w Meksyku aż po Alaskę. Tylko jeden gatunek – *L. perennis* rośnie na wschodnim wybrzeżu Stanów Zjednoczonych. Rośliny mają liście złożone, pokrój płózący lub wyprostowany, wysokość do 1,5 m. Obszar występowania łubinów w Ameryce Południowej podzielono na dwa ekogeograficzne regiony: atlantycki (Brazylia, Urugwaj, Paragwaj, centralna i wschodnia Argentyna) i andyjski. W pierwszym regionie występuje duża liczba gatunków wieloletnich o liściach prostych i złożonych oraz grupa gatunków jednorocznych. W rejonie andyjskim gatunki wykazują dużą zmienność ekologiczną, która jest wynikiem adaptacji do różnorodnych warunków związanych z klimatem górskim. Rosną tu gatunki jednoroczne i wieloletnie wyłącznie o liściach złożonych.

Gatunki amerykańskie reprezentują największą zmienność, bo jest ich około 300, a jednocześnie są najmniej poznane. Wykorzystanie technik molekularnych systematycznie przyczynia się do precyzyjniejszego ustalenia powiązań filogenetycznych amerykańskich łubinów [Talhinhas i in. 1996, Eastwood i Hughes 2008]. Tylko jeden z nich (*L. mutabilis* – łubin andyjski, syn. łubin zmienny) został udomowiony i jest uprawiany w tym regionie od 3000 lat [Hardy i in. 1998, Mujica i in. 2002, Caligari i in. 2000].

2.2.1. Gatunki Starego Świata

Rejony występowania gatunków Starego Świata opisał Gladstones [1970, 1974]. W rejonie Basenu Morza Śródziemnego i Afryki wyróżniono 13 jednorocznych gatunków (tab. 1)*. Gatunki Starego Świata podzielono na grupy i sekcje taksonomiczne na podstawie serologicznych reakcji ich białek zapasowych, morfologicznego podobieństwa i wyników krzyżowań międzygatunkowych. Ze względu na budowę okrywy nasiennej, gatunki podzielono na grupy gładko- i szorstkonasienne [Maisurjan i Atabekova 1974, Gladstones 1984, 1988, Zimniak-Przybylska i Przybylska 1997]. W grupie gładkonasiennych wyróżniono między innymi sekcje: *Albus*, *Luteus*, *Angustifolius*, *Micranthus*, a w grupie szorstkonasiennych: *Pilosus*, *Atlanticus*, *Princei* i *Somaliensis*. Z rejonu śródziemnomorskiego pochodzą cztery gatunki uprawne: *L. albus*, *L. luteus*, *L. angustifolius* oraz *L. cosentinii* – udomowiony w Australii [Buirchell 1994].

Gatunki gładkonasienne

Sekcja ALBUS

Do sekcji tej należy gatunek *L. albus* L. o $2n = 50$ chromosomów i zawartości 2C DNA 1,13–1,14 posiadający dwie odmiany botaniczne: *albus* – formy uprawne i *graecus* – formy dzikie (tab. 1) [Naganowska i in. 2003, Sawicka-Sienkiewicz i in. 2005, Sawicka 1993]. Na podstawie miejsc zbioru wydzielono trzy rasy geograficzne – iberyjską, doliny Nilu, turecką oraz bałkańską. W obrębie rasy iberyjskiej o szerokim spektrum cech morfologicznych wyróżniono dwie populacje miejscowe – jedną o dużych liściach, strąkach i nasionach (Azory, Katalonia, centralna Portugalia) oraz drugą o małych liściach, strąkach, nasionach i krótkiej fazie wegetatywnej (północna część prowincji Palencia i Leon). Rasa doliny Nilu obejmująca genotypy o małych i mniej licznych liściach i krótszym trwaniu stadium rozety określana była jako *L. termis*. Stanowiska *L. albus* var. *graecus* Gladst. spotkano w Grecji, południowych Włoszech i na Bałkanach. *L. albus* var. *albus* uprawia się w krajach Morza Śródziemnego, w północnej i wschodniej Afryce oraz na wyspach Oceanu Atlantyckiego: Maderze i Wyspach Kanaryjskich. Opisywane dotychczas, jako oddzielne gatunki *L. graecus* i *L. vavilovi*, *L. termis* uważa się za dzikich przodków uprawnego gatunku *L. albus*. Wykorzystanie technik molekularnych do analizy tej sekcji wykazało wysoki stopień podobieństwa genetycznego między analizowanymi formami i potwierdziło poprawność podziału tego gatunku na dwie odmiany botaniczne, a nie jak wcześniej przyjmowano na cztery oddzielne gatunki. Różnice pomiędzy tymi formami dotyczyły łatwo odróżnialnych cech morfologicznych [Przybowski i Weeden 2001].

Łubin biały charakteryzuje się kilkoma cechami, które odróżniają go od pozostałych gatunków uprawnych. Największą jego zaletą jest wysoki, czasami przekraczający 4 t/ha, plon nasion, uzyskiwany nie tylko w czasie doświadczeń, lecz także w warunkach produkcyjnych nawet na glebach słabszych – warunkiem jest uprawa w wysokiej kulturze [Stawiński 1994]. Bezsprzeczną zaletą łubinu białego są także niepekające i nieopadające

* Wszystkie tabele znajdują się w załączniku na końcu książki, str. 85.

strąki, łatwo się omlacające, co umożliwia opóźnienie zbioru plantacji do momentu równomiernego dojrzewania roślin bez ryzyka strat plonu. Duże nasiona (masa tysiąca nasion 180–350g) odznaczają się najmniejszym udziałem łupiny. Zawartość białka w nasionach waha się od 33 do 34%. Ponadto charakteryzuje się dość grubymi ścianami strąka (29%) w porównaniu do uprawnych gatunków łubinu oraz cienką okrywą nasienną (18%) [Perissé i Planchuelo 2004, Clements i in. 2005, 2002]. Pełniejsze wykorzystanie łubinu białego wymaga przełamania jego wrażliwości na jarowizację oraz skrócenia okresu wegetacji, co udało się w nieznacznym zakresie osiągnąć w odmianach Wat, Bac i Butan przy sprzyjających warunkach atmosferycznych (ciepłe, suche lato). Jednak przy chłodnych i wilgotnych latach okres wegetacji może się przeciągać do września [Stawiński 1994, Prusiński 2007]. W roku 2002 zarejestrowano pierwszą samokończącą odmianę – ‘Katon’. Pomimo tak wielu zalet aktualnie w naszym kraju łubin biały jest mało popularny w uprawie z uwagi na brak odporności odmian na antraknozę, przedłużanie okresu wegetacji przy niesprzyjających warunkach atmosferycznych oraz większe wymagania glebowe w porównaniu do łubinu żółtego czy wąskolistnego. Obecnie w rejestrze znajdują się tylko dwie odmiany łubinu białego: ‘Butan’ i ‘Boros’ [Dolata i Wiatr 2009].

Sekcja LUTEUS

W skład tej sekcji wchodzi dwa gatunki *Lupinus luteus* L. i *Lupinus hispanicus* Boiss. i Reut. o 52 chromosomach w komórkach somatycznych, ale zróżnicowanej zawartości 2C DNA (tab. 1). Dziko rosnące formy łubinu żółtego można spotkać w Izraelu i sporadycznie na Półwyspie Iberyjskim. Ekotypy *L. luteus* występujące w zachodnim rejonie Morza Śródziemnego charakteryzują się dużą różnorodnością i są wykorzystywane w hodowli tego gatunku. *L. hispanicus* tworzy dwa podgatunki *subsp. hispanicus* występujące w południowej i centralnej Hiszpanii oraz *subsp. bicolor* zajmujący tereny położone powyżej 1500 m n.p.m. w Hiszpanii oraz północnej Portugalii [Cowling i in. 1998]. Podgatunek *bicolor* krzyżuje się z *L. luteus* z trudnością, natomiast mieszańce między podgatunkami tworzą się często [Gladstones 1984]. W warunkach naturalnych oba podgatunki są geograficznie izolowane. W latach 70. uzyskano syntetycznego mieszańca *L. x hispanicoluteus* po skrzyżowaniu *L. luteus* z *L. hispanicus* [Święcicki 1985, Święcicki i in. 1999].

L. luteus odznacza się wysoką zawartością białka – od 42 do 45%. Jego zaletą jest również tolerancja na silne zakwaszenie gleby i możliwość uprawy na glebach lekkich. Aktualnie w polskim rejestrze znajduje się 8 odmian, w tym dwie samokończące (Perkoz i Taper) oraz sześć niesamokończących: Dukat, Juno, Lord, Mister, Parys, Talar [Dolata i Wiatr 2009].

Sekcja ANGUSTIFOLIUS

Gatunek *Lupinus angustifolius* L. jest jedynym przedstawicielem tej sekcji o liczbie chromosomów $2n = 40$. Naturalny zasięg jego występowania to wybrzeże Morza Śródziemnego, zachodnia Azja (Turcja i Syria) oraz teren wokół Morza Egejskiego, gdzie

stwierdzono dużą różnorodność form tego gatunku [Cowling i in. 1998]. Łubin wąskolistny należy do stosunkowo młodych roślin uprawnych, bo początki jego uprawy sięgają połowy XVIII wieku. Konsekwencją tego jest wiele cech, które wymagają ulepszenia na drodze hodowlanej. Biorąc pod uwagę biologię i rozmnażanie, należy do roślin samopylnych, co ułatwia prace selekcyjne. Niemniej wzmianki o wykorzystaniu łubinu wąskolistnego jako substytutu kawy, środka leczniczego czy stosowaniu jako zielonego nawozu na plantacjach winorośli sięgają jeszcze czasów rzymskich [Gladstones 1998, Heistingering i Pistrick 2007].

Łubin wąskolistny charakteryzuje się najkrótszym okresem wegetacji spośród uprawnych gatunków. W porównaniu do łubinu białego jest mniej wymagający, co do warunków glebowo-klimatycznych. Jego wąskie liście ułatwiają penetrację światła, co powoduje szybkie wysychanie plantacji po obfitych opadach deszczu [Sawicka-Sienkiewicz 1997].

Uzyskano znaczny postęp w hodowli tego gatunku poprzez wyprowadzenie form niskoalkaloidowych, termoneutralnych, o niepekających strąkach, częściowo odpornych na fuzariozę i antraknozę. Średnia zawartość białka w polskich odmianach wynosi 29–35%. U łubinu, jak również u takich roślin strączkowych jak groch, fasola, soja dąży się między innymi do uzyskania cienkościennych strąków i możliwie cienkiej okrywy nasiennej [Clements i in. 2002, 2005, Clements 2006, Mera i in. 2004]. Proporcjonalnie mniejszy udział ścian strąka znacznie ułatwia transport asymilatów do nasion. Łubin wąskolistny charakteryzuje się udziałem ścian strąka w zakresie od 32 do 35%, łubin biały 29%, a łubin andyjski 47%. Na drodze mutacji i późniejszej selekcji można uzyskać u łubinu wąskolistnego formy o 24–30% udziale ścian strąka w strąku [Sawicka-Sienkiewicz i in. 2004]. W przypadku grochu wartość ta kształtuje się na poziomie 13%, a u fasoli 24% [Clements i in. 2002]. U łubinu wąskolistnego udział okrywy nasiennej w nasionach wynosi około 24%, a u soi tylko 7%, natomiast u grochu 9%. Pozbawione okrywy nasiona (obłuszczone) odznaczają się wyższą strawnością, co jest ważne w żywieniu zwierząt monogastrycznych [Clements i in. 2002]. Z materiałów kolekcyjnych [Sawicka-Sienkiewicz i in. 2006] wyselekcjonowano formy o okrywie nasiennej na poziomie 19–20%, a australijska odmiana Yorrel w dwuletnich badaniach w Polsce charakteryzowała się 17% udziałem okrywy nasiennej [Galek, dane niepublikowane]. *L. angustifolius* jest pierwszym gatunkiem wśród łubinów zmodyfikowanych genetycznie. Przy użyciu *Agrobacterium tumefaciens* udało się wprowadzić do niego odporność na herbicyd Basta [Pigeaire i in. 1997, Cowling i in. 1998]. Aktualnie jest najszerszej uprawianym gatunkiem z rodzaju *Lupinus*, zarówno w Polsce, jak i na świecie. Na nasiona w ostatnich dwóch latach uprawia się go w naszym kraju powyżej 35 tys. ha rocznie [Dolata i Wiatr 2009], a na świecie największa powierzchnia uprawy tego gatunku przypada na Australię – 0,5 mln ha, na co w znacznym stopniu wpływa jego polowa odporność na grzyb *Colletotrichum lupini* wywołujący groźną chorobę – antraknozę. Prowadzone są również intensywne prace związane z zagęszczaniem mapy genetycznej tego gatunku loci markerów molekularnych, sprzężonych z ważnymi cechami użytkowymi [Yang i in. 2004, Boersma i in. 2005, Nelson i in. 2006, Leśniewska i in. 2007, Boersma i in. 2007a, 2007b, 2007c], co w przyszłości może mieć kluczowe znaczenie w przyśpieszeniu postępu prac hodowlanych. Podstawową wadą łubinu wąskolistnego są niestabilne plony, efekt opadania kwiatów i zawiązków strąków, co jest

również charakterystyczne dla innych roślin strączkowych. W latach chłodnych i wilgotnych problemem może być nierównomierne dojrzewanie strąków.

W rejestrze odmian obecnie znajduje się 12 odmian – 9 tradycyjnych: Baron, Bojar, Cezar, Graf, Kalif, Karo, Mirela, Neptun, Zeus i 3 samokończące: Boruta, Regent i Sonet [Dolata i Wiatr 2009].

Sekcja MICRANTHUS

L. micranthus Guss. o $2n = 52$ chromosomach i jednej z najniższych zawartości 2C DNA – 0,98 wśród łubinów Starego Świata (tab. 1) występuje w rejonie śródziemnomorskim na glebach zasadowych. Charakteryzuje się bardzo wysoką masą nasion – jedno waży około 100 mg.

Gatunki szorstkonasienne

Sekcja PILOSUS

Zalicza się do niej trzy gatunki – *L. pilosus* Murr., *L. palaestinus* Boiss. oraz *L. anatolicus* Swiec. et Swiec. o liczbie chromosomów $2n = 42$ i zawartości 2C DNA 1,36 dla dwóch pierwszych i 1,61 dla trzeciego (tab. 1). *L. pilosus* można spotkać w południowej Grecji, Syrii i Izraelu. *L. palaestinus* występuje na niewielkich obszarach w południowym Izraelu [Cowling i in. 1998]. Trzeci gatunek – *L. anatolicus* – został opisany przez Święcickiego i in. [1996], a znaleziony na terenach Turcji. Jego cechą charakterystyczną są przepuszczalne dla wody, miękkie nasiona, co może być przydatne jako źródło tej cechy w programach hodowlanych. Podobny przypadek znalezienia roślin o miękkich nasionach został opisany przez Clements'a i in. [1996] dla *L. pilosus*, pochodzącego z obszarów Tartus i Homs na obszarze południowej Syrii. W Australii, przy wykorzystaniu hodowli mutacyjnej, wyselekcjonowano niskokaloidowe formy o niepekających strąkach i miękkiej okrywie nasiennej. Niektóre linie charakteryzowały się znacznym potencjałem plonotwórczym, dochodzącym nawet do 4 t/ha [Buirchell 1999]. Do tej pory *L. pilosus* jest uprawiany we Włoszech jako substytut kawy, podobnie jak dawniej inne gatunki łubinu z tego regionu [Heistinger i Pistrick 2007].

Sekcja ATLANTICUS

Zaliczone do tej sekcji trzy gatunki różnią się między sobą liczbą chromosomów oraz zawartością 2C DNA (tab. 1). *L. cosentinii* Guss. jest gatunkiem występującym w zachodniej części Morza Śródziemnego (Maroko, Hiszpania, Portugalia, Algieria) na przybrzeżnej piaszczystej glebie. Rośliny *L. atlanticus* Gladst. przystosowały się do wyżej położonych terenów w Górach Atlas, a *L. digitatus* Forsk. był gatunkiem powszechnie zajmującym stanowiska w delcie Nilu.

Sekcja Princei

L. princei ma niską zawartość 2C DNA – zbliżoną do *L. micranthus*, a liczba chromosomów w komórkach somatycznych wynosi $2n = 38$ (tab. 1). W stanie dzikim występuje na pogórzu Kenii, Tanzanii oraz południowej Etiopii na wysokości 1700–3000 m n.p.m. i nie krzyżuje się on z innymi gatunkami z grupy łubinów szorstkonasiennych. Izolacja geograficzna i przystosowanie do warunków górskich spowodowało odrębność tego gatunku [Cowling i in. 1998].

Sekcja SOMALIENSIS

L. somaliensis Baker. został znaleziony na obszarze podgórskim Somalii. Poza okazami zielnikowymi w herbariach nie występuje w stanie naturalnym (tab. 1).

Dziki, szorstkonasienny gatunek Starego Świata mogą być źródłem cech ważnych z punktu widzenia hodowli roślin. *L. atlanticus* wyróżnia się doskonałym zawiązywaniem nasion i posiada znaczny potencjał plonowania. Łubiny szorstkonasienne mogą zawierać 38% (*L. cosentinii*, *L. princei*), 37% (*L. digitatus*), 33% (*L. palaestinus*), 29% (*L. atlanticus*), 26% (*L. pilosus*) białka w suchej masie. Średnia zawartość oleju waha się od 4 do 5%. Zawartość włókna jest zróżnicowana i wynosi od 24% u *L. princei*, przez 32–34% u *L. cosentinii*, *L. digitatus* i *L. palaestinus* po 42% u *L. atlanticus* i *L. pilosus*. Rośliny *L. cosentinii*, *L. pilosus* i *L. atlanticus* dobrze znoszą suszę i mogą rosnąć na glebach o pH od 5,5 do 9,5. Niska zawartość alkaloidów u dzikich roślin *L. cosentinii* powoduje, iż ich nasiona są chętnie zjadane przez owce.

W Australii od lat trwają prace nad udomowieniem kolejnych gatunków z tego obszaru: *L. pilosus*, *L. atlanticus*, *L. princei* [Buirchell i Cowling 1992, Buirchell 1994].

2.2.2. Charakterystyka uprawnego gatunku Nowego Świata – *L. mutabilis* Sweet

Łubin andyjski (*Lupinus mutabilis* Sweet) jest jedynym uprawnym gatunkiem z rodzaju *Lupinus* pochodzącym z Ameryki Południowej. W rejonie andyjskim występują dwa ekotypy tego gatunku. Pierwszy zwany „lupinos” lub „chocho” rośnie w Kolumbii, Ekwadorze i północnym Peru. Jest rośliną roczną lub dwuletnią osiągającą wysokość od 1,5 do 2 metrów. Charakteryzuje się zdrewniałą łodygą i licznymi rozgałęzieniami bocznymi oraz bardzo długim okresem wegetacji – od 240 do 300 dni. Drugi ekotyp „tarwi” lub „tauri” rośnie wokół jeziora Titicaca na wysokości 3800 m n.p.m. Jest rośliną jednoroczną, osiągającą wysokość do 1,5 m, posiada pęd główny z kilkoma rozgałęzieniami bocznymi i charakteryzuje się krótszym okresem wegetacji – 155–190 dni [Cowling i in. 1998]. Jak większość łubinów amerykańskich ma 48 chromosomów w komórkach somatycznych, a zawartość DNA jest szacowana na 1,1834 pg [Sawicka-Sienkiewicz i in. 2005]. Jest to roślina jednoroczna o silnym pędzie głównym (80–180 cm wysokości) z licznymi bocznymi rozgałęzieniami. W rejonie Andów okres wegetacji przekracza 5 miesięcy. Na pędzie głównym, a następnie na kolejnych bocznych rozgałęzieniach rozwijają się liście, kwiaty i strąki o różnym stopniu dojrzałości. Gatunek ten jest obcopolny, a wielobarwne, pachnące kwiatostany wabią owady [Cowling i in. 1998].

Łubin andyjski, jedyny uprawny gatunek z rejonu Nowego Świata, został udomowiony ponad 3000 lat temu. Wadą tego gatunku jest wysoka zawartość alkaloidów w populacjach naturalnych. Odgoryczanie nasion do celów spożywczych przeprowadzano od najdawniejszych czasów poprzez zanurzanie nasion w workach z juty w nurcie strumienia, w celu wypłukania rozpuszczalnych w wodzie alkaloidów, co jest praktykowane do tej pory w wielu rejonach Andów [Baer van i Barra 1990]. Gatunek ten odznacza się wysoką zawartością białka (do 50%) i tłuszczu (do 20%) w nasionach. Białko jest bogate w cysteinę oraz dość zasobne w lizynę, za to odznacza się niedoborem metioniny. Może stanowić cenny dodatek do mąki pszenicznej. Otrzymywany olej jest bogaty w nienasycone kwasy tłuszczowe, a zwłaszcza w kwas linoleinowy. W porównaniu z innymi uprawnymi gatunkami łubinu łubin andyjski lepiej znosi suszę, chłody i zakwaszenie gleb [Cowling i in. 1998]. Z hodowlanego i rolniczego punktu widzenia posiada też takie walory jak: miękką i cienką okrywę nasienną, nieopadające i niepękające strąki, co jest szczególnie ważne przy zbiorze mechanicznym, a ponadto jest rośliną fotoperiodycznie obojętną. *L. mutabilis* należy do gatunków mątwikowrogich, przyczyniając się do ograniczania występowania nicieni glebowych na polach uprawnych. Z tego powodu w Ameryce Południowej od wieków stosuje się go jako element płodozmianu na plantacjach ziemniaków czy też jęczmienia (łubin – ziemniaki – jęczmień – łubin) [Mujica i in. 2002]. Ponadto może dostarczyć 40–50 t/ha biomasy zawierającej 1750 kg białka ogólnego. W Andach uprawiany jest też często w monokulturze, na wysokości powyżej 3000 m n.p.m. Wielkość poletek nie przekracza zwykle 2000 m², sporadycznie jest uprawiany na większym areale (około 1–2 ha). Plon nasion na wysokogórskich poletkach jest niski i szacuje się go w granicach 0,6–1,0 t/ha. Na poletkach doświadczalnych plonuje na poziomie 3–5 t/ha [Caligari i in. 2000].

Do głównych wad łubinu andyjskiego, z punktu widzenia uprawy w strefie klimatu umiarkowanego, należy zaliczyć zbyt długie i niejednoczesne dojrzewanie strąków, opadanie kwiatów i zawiązków strąków oraz wysoką zawartość alkaloidów – do 5% [Święcicki i Nawrot 2004]. Jednakże można z powodzeniem uzyskać linie niskoalkaloidowe [Hondelman 1984, Pakendorf 1974, Williams i in. 1984, Buirchell 1999, Römer i Jahn-Deesbach 1989, 1992]. W Chile wyprowadzono szczególnie „słodką” formę – odmianę ‘Inti’, która przy bardzo niskim poziomie alkaloidów (0,0075%) odznaczała się wysoką zawartością białka – do 51% [Baer von 1988]. Pomimo wyselekcjonowania „słodkich” form, z uwagi na obcocylność tego gatunku, trudno jest utrzymać tę cechę podczas uprawy w rejonie Andów.

Pierwsze prace genetyczno-hodowlane w Europie nad aklimatyzacją *L. mutabilis* zostały podjęte w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku we Francji, w INRA, w Wielkiej Brytanii, Niemczech oraz w Polsce [Römer i Jahn-Deesbach 1989, Sawicka 1993]. Realizowany w latach 1993–1996 międzynarodowy projekt dostarczył cennych informacji o możliwości adaptacji tego gatunku do warunków europejskich. Odnotowano bardzo duże zróżnicowanie w plonowaniu tych samych materiałów uprawianych w różnych krajach Europy (od 0,2 do 6,5 t/ha). Niski plon nasion był związany z niezdeteminowanym typem wzrostu roślin. W sprzyjających warunkach pogodowych rośliny wytwarzają liczne rozgałęzienia boczne II i III rzędu, co powoduje nierównomierne dojrzewanie zawiązków strąków na roślinie. Próby aklimatyzacji łubinu andyjskiego do warunków klimatu umiarkowanego napotkały w latach 90. ubiegłego wieku na trudności

spowodowane przede wszystkim brakiem genotypów wcześniej dojrzewających [Römer i in. 1999]. Jednocześnie prowadzono prace nad uzyskaniem form wczesnych. W Portugalii wyselekcjonowano linie wcześniej zakwitające o mniejszych skłonnościach do rozgałęziania się [Vaz Patto i in. 1996].

W Niemczech, w wyniku indukowania mutacji, uzyskano łubin andyjski o zdeterminowanym typie wzrostu – tzw. mutant epigonalny, jednopędowy – KW [Römer 1994]. Mutant ten nie wytwarza bocznych rozgałęzień, wcześniej dojrzewa, charakteryzuje się wysokimi roślinami, które łatwo wylegają. Może stanowić cenne źródło cechy zdeterminowanego wzrostu, w celu ograniczenia wzrostu u innych genotypów.

W Polsce uzyskano mutanty krótsze od form wyjściowych, o zmienionej architekturze (mniejsza liczba rozgałęzień) i wcześniej dojrzewające [Sawicka 1993]. Po wytypowaniu form rodzicielskich, które odznaczały się krótszym okresem wegetacji i dobrym zawiązywaniem nasion, w latach 1995–1998 przeprowadzono program krzyżowań obejmujący wytworzenie mieszańców wewnątrzgatunkowych. W celu zmiany proporcji części wegetatywnej do generatywnej wykorzystano również epigonalnego mutantu KW [Römer 1994, Sawicka-Sienkiewicz i Kadłubiec 2001, Sawicka-Sienkiewicz i Augiewicz 2004].

2.3. Poszerzanie zmienności genetycznej w rodzaju *Lupinus*

2.3.1. Krzyżowanie wewnątrzgatunkowe oraz indukowanie mutacji

Podstawą poszerzania zmienności genetycznej w rodzaju *Lupinus* jest wewnątrzgatunkowe krzyżowanie, wykorzystanie rekombinantów oraz spontanicznych i indukowanych mutantów, a następnie, na drodze selekcji, otrzymywanie nowych odmian uprawnych. Pierwsze doniesienia dotyczące krzyżowania w obrębie rodzaju *Lupinus* pochodzą z początku XX wieku. W roku 1910 Fruwith pierwszy opublikował zagadnienia związane z krzyżowaniem łubinów [Gladstones 1998].

Naturalne mutanty były niejednokrotnie wykorzystywane do krzyżowań w celu poprawy takich cech jak: białe zabarwienie i szybkie pęcznienie nasion, niepekające i nieomszone strąki, szybki wzrost w początkowym stadium. Indukowanie mutacji u łubinów zapoczątkowano w latach 50. ubiegłego stulecia. Otrzymywane mutanty były podobne do poprzednio znanych i opisywanych spontanicznych mutacji takich jak: mutacje rytmu wzrostu (szybkorosnące, z krótszym okresem trwania w stadium rozety), braku omszenia strąków, zmiany zabarwienia kwiatów i liści. Wyselekcjonowano również mutanty o zdeterminowanym typie wzrostu. Pierwsze paszowe odmiany łubinu żółtego, wąskolistnego i białego wyhodowano w Niemczech w latach 1927–1928 jako wynik reprodukcji zidentyfikowanych mutantów o niskim poziomie alkaloidów [Masurjan i Atabekova 1974].

Po skrzyżowaniu kilku mutantów *L. cosentinii* otrzymano w Australii odmianę Erregulla-S. Odmiana ta wcześniej kwitnie, ma białe kwiaty, niepekające strąki i przepuszczalne dla wody nasiona o białym zabarwieniu, charakteryzujące się niską zawartością alkaloidów [Buirchell i Cowling 1992, Buirchell 1994, 1999].

W ramach realizacji programu udomawiania innych gatunków łubinu z grupy szorstkonasiennych otrzymano w wyniku indukowania mutacji szereg mutantów o różniczo ważnych cechach. U *L. atlanticus* wyselekcjonowano mutanty o miękkiej okrywie nasiennej, niepekających strąkach i niskiej zawartości alkaloidów. Natomiast w gatunku *L. pilosus* znaleziono mutanty o niskiej zawartości alkaloidów i miękkiej okrywie nasiennej [Buirchell 1994].

Indukowanie zmian w liczbie chromosomów czy też wykorzystanie spontanicznych poliploidów u łubinu nie miało dotychczas praktycznego znaczenia, aczkolwiek są prowadzone badania z wykorzystaniem poliploidyzacji [Thiele i in. 2008].

Do szczególnych osiągnięć w hodowli łubinu w Polsce w ostatnich 36 latach należy wymiana odmian podatnych na fuzaryjne wędnięcie na odmiany odporne, co nastąpiło na początku lat 70. ubiegłego wieku. Przełomem było otrzymanie odmiany łubinu żółtego Cyt, poprzez skrzyżowanie portugalskiej odpornej formy na *Fusarium ssp.* z odmianą Cytrynowy ze stacji Hodowli Roślin w Przebędowie [Kubok 1988]. W latach 60. po skrzyżowaniu *L. albus* x *L. vavilovi*, po kilku latach selekcji wyhodowano pastewną odmianę łubinu białego Wat [Koprowicz i Świącicki 1985] dającą wysoki plon nasion. Odmiana ta znajdowała się przez 28 lat w krajowym rejestrze [Prusiński 2007].

Wytworzono następnie formy temoneutralne w łubinie wąskolistnym (odmiany: Mirela i Emir, 1981) i żółtym (Juno, 1989) oraz formy o zdeterminowanym typie wzrostu – samokończące. Te ostatnie uzyskano w łubinie żółtym w wyniku krzyżowania wstecznego ukraińskiej odmiany Żytomirski, będącej mutantem o cesze samokończenia, charakteryzującym się bardzo niskim plonem nasion, z najlepszymi polskimi odmianami ze SHR Wiatrowo, a w łubinie wąskolistnym na drodze mutagenyzy otrzymano odmianę Turkus [Bromberek i in. 1984]. Prawie w tym samym czasie otrzymano również mutant samokończącego u łubinu białego w SHR w Wiatrowie po potraktowaniu nasion odmiany Hetman prędkimi neutronami [Świącicki 1984, 1986] oraz w Przebędowie [Mikołajczyk i in. 1984] po zastosowaniu mutagenu chemicznego MNU na nasiona odmiany 'Kalina'. Cecha 'samokończenia' uzyskana u wszystkich gatunków była determinowana obecnością genu recesywnego i przyczyniła się do radykalnych zmian w architekturze roślin. Morfologiczna mutacja spowodowała poprawę wczesności i równomierności dojrzewania, co ułatwia zbiór mechaniczny [Micke i Świącicki 1988].

Pierwsze 'samokończące' odmiany łubinu żółtego Manru zarejestrowano w 1990 r., łubinu wąskolistnego Bar w 1991 r., a łubinu białego Katon w 1999 r. [Prusiński 2007].

W ostatnich latach można zaobserwować w Polsce znaczny postęp w otrzymywaniu nowych odmian metodami hodowli klasycznej – rekombinacyjnej, wykorzystując przede wszystkim formy termoneutralne i samokończące. Stwierdzono istotny wzrost plonowania, zwłaszcza u łubinu wąskolistnego, oraz skrócenie okresu wegetacji. Ponadto obserwuje się obniżenie poziomu zawartości alkaloidów. Niepokojące są widoczne tendencje do zmniejszania zawartości białka, zwłaszcza u łubinu białego [Prusiński 2007], co może być związane z ograniczeniem hodowli i uprawy tego gatunku.

2.3.2. Krzyżowanie międzygatunkowe

U wielu roślin uprawnych krzyżowania oddalone odgrywają ważną rolę w poszerzaniu zmienności. Jednakże u łubinów występujące dwie drogi ewolucyjnego różnicowania powodują trudności, a nawet niemożność otrzymywania międzygatunkowych mieszańców. W toku ewolucji wytworzyły się bariery cytogenetyczne. Mieszańce i płodne potomstwo można łatwo otrzymać w obrębie grupy o 48 chromosomach. W literaturze opisano następujące próby krzyżowania międzygatunkowego: *L. ornatus* x *L. mutabilis*, *L. pubescens* x *L. hartwegii*, *L. mutabilis* x *L. elegans*, *L. mutabilis* x *L. albococcineus*, *L. nootkatensis* x *L. arboreus*, *L. arboreus* x *L. hartwegii*, *L. mutabilis* x *L. douglasii* [Kazimierski 1960, 1963; Kazimierski i Nowacki 1961b, Kazimierski i Kazimierska 1970a, 1970b, Kazimierska 1970, Maissurian i Atabiekova 1974, Schäfer-Menuar i in. 1988, Buschman-Loock i in. 1992, Brejda i Sawicka-Sienkiewicz 1997]. Łubin Russella (*Lupinus* x Russel) popularny w ogrodnictwie jest prawdopodobnie mieszańcem *L. polyphyllus* i *L. arboreus* [Sholars 1999]. Udało się również skrzyżować *L. polyphyllus* z *L. mutabilis* [Baer von i Barra 1990, Baer von 2004]. W latach 70. w stacji Hodowli Roślin Wiatrowo podjęto próbę otrzymania mieszańców międzygatunkowych w rodzaju *Lupinus*. Uwieńczeniem tych prac jest ustabilizowany, syntetyczny mieszańiec *L. x hispanicoluteus*. Pochodzi on ze skrzyżowania dwóch gatunków łubinu Starego Świata należących do grupy gładkonasiennych sekcji Luteus [Święcicki 1985]. Miał on łączyć w sobie wysoką zawartość białka, którą odznacza się *L. luteus*, możliwość uprawy na glebach lekkich i kwaśnych, a z *L. hispanicus* starano się przenieść do łubinu żółtego odporność na choroby, chłód oraz wymarżanie [Święcicki i in. 1999].

Łubin żółty udało się skrzyżować z obydwoma podgatunkami *subsp. hispanicus* i *subsp. bicolor* [Lamberts 1958, 1955, Kazimierski i Kazimierska 1970, Maisurjan i Atabiekova 1974, Święcicki 1988]. Żywniejsze pokolenie, wartościowe pod względem hodowlanym, zostało otrzymane przez skrzyżowanie *L. luteus* z *L. hispanicus subsp. bicolor* (synonim – *L. rothmaleri*), jak również *L. luteus* z mieszańcem *subsp. hispanicus* x *subsp. bicolor* [Cordero i in. 1988]. Obszernie zostały opisane wyniki międzygatunkowego krzyżowania wewnątrz grupy *Scabrispermae*: *L. cosentinii*, *L. digitatus*, *L. atlanticus*, *L. pilosus*, *L. princei* [Roy i Gladstones 1985, 1988, Carstairs i in. 1992], gdzie było możliwe otrzymanie sterylnych mieszańców. Bardziej udane rezultaty uzyskali Buirchell [1994] i Atkins oraz in. [1998].

Poza powyższymi przykładami w publikacjach można znaleźć doniesienia o skrzyżowaniu: *L. angustifolius* x *L. linifolius*, *L. albus* x *L. vavilovi* i *L. albus* x *L. jugoslavicus* [Kazimierski i Nowacki 1961, Atabiekova i Maisurjan 1962, 1968, Maisurjan i Atabiekova 1974].

W Australii, w ramach programu hodowlanego mającego na celu udomowienie nowych gatunków, otrzymano mieszańca pochodzącego ze skrzyżowania łubinów z grupy szorstkonasiennych *L. atlanticus* x *L. cosentinii* [Roy i Gladstones 1985, 1988].

Otrzymywanie płodnych mieszańców międzygatunkowych pomiędzy gatunkami Starego i Nowego Świata uważano za trudne, a wręcz niemożliwe, ze względu na powstałe w ewolucji rodzaju *Lupinus* bariery cytogenetyczne. Uzyskiwane wyniki precyzowały zależności i zgodności pokrewieństwa między różnymi gatunkami łubinu. Zwykle obserwowano następujące sytuacje po zapyleniu: brak kiełkowania łagiewek pyłkowych na znamieniu i ich przerastania przez szyjkę słupka, niedocieranie do zalążka

i jego penetrację, brak stymulacji załadka i rozwoju embrionu, niemożność rozwoju zarodka [Atkins i in. 1998]. Otrzymywane nasiona nie zawsze były żywotne, a często źle wykształcone. Niska płodność mieszańców była konsekwencją zaburzeń w mejozie i zaburzeń w rozwoju embrionalnym zarodków [Kazimierski 1961, Kazimierska 1970]. W świecie roślin istnieje wiele mechanizmów izolacyjnych, które utrudniają lub uniemożliwiają powstawanie mieszańców. Czynniki te możemy podzielić na prezygotyczne, utrudniające zapylenie, oraz postzygotyczne ujawniające się dopiero po połączeniu gamet rodzicielskich. Może występować zakłócanie równowagi między rozwojem bielma a zarodka. W przypadku nieprawidłowego rozwoju bielma duże znaczenie ma stosunek liczby chromosomów triploidalnego bielma do diploidalnego zarodka. Na ogół lepiej udają się krzyżowania, w których gatunek o większej liczbie chromosomów jest matczyną formą [Ruebenbauer i Müller 1985]. W badaniach nad krzyżowaniem czterech rolniczo ważnych gatunków łubinu (*L. albus*, *L. luteus*, *L. angustifolius* i *L. mutabilis*) obserwowano występowanie barier prezygotycznych oraz postzygotycznych, utrudniających uzyskanie nasion mieszańcowych. Stwierdzono również jednokierunkową niezgodność przy krzyżowaniu [Williams i in. 1980, Przyborowski i in. 1996, Wilson i in. 2008]. Strąki, otrzymywane w procesie krzyżowania, rozwijały się wolniej niż u form rodzicielskich [Jaranowski 1962, Tomaszewski i in. 1971, Przyborowski i Packa 1997, Atkins i in. 1998, Siamasonta i Caligari 1999]. Zamieranie zarodków mieszańcowych następowało w różnych stadiach rozwojowych, w zależności od kierunku krzyżowania. Niezgodność genetyczna form rodzicielskich ujawniała się w zakłóceniach rozwoju prozarodka, suspensora oraz bielma. Powstający suspensor był najczęściej silnie skrócony, niepodobny do występującego u form rodzicielskich. W bielmie obserwowano deformację jąder, ich rozpad i stopniowy zanik w trakcie rozwoju zarodka mieszańcowego [Jaranowski 1962, Tomaszewski i in. 1971, Przyborowski i Packa 1997, Atkins i in. 1998].

Wyniki badań z ostatnich lat wskazują na możliwość przełamywania tych barier [Williams i in. 1980, Przyborowski i in. 1996, Sawicka-Sienkiewicz i Brejda 1999, Wilson i in. 2008]. Udało się skrzyżować gatunki należące do sekcji *Albus* z *L. mutabilis*, *L. angustifolius*; *L. luteus* z *L. angustifolius*, *L. mutabilis* i otrzymać część żywotnych i płodnych mieszańców. Wytypowano również genotypy z różnych gatunków będące dobrymi formami matczynymi [Wilson i in. 2008].

Wielu autorów wskazuje na możliwość pokonania barier niezgodności i skuteczną hybrydyzację taksonów nawet o znacznym stopniu genetycznego oddalenia, poprzez zastosowanie stymulacji rozwoju zygot mieszańcowych oraz hodowlę *in vitro* wyizolowanych w odpowiednim stadium zarodków [Przyborowski i in. 1996, Wojciechowski i in. 2006, Chuda i in. 2006]. Do założenia kultury zarodków mieszańcowych korzystne jest maksymalne przedłużenie rozwoju zarodka mieszańcowego w zaląźni rośliny matycznej, w celu uzyskania jak najbardziej zaawansowanego stadium jego rozwoju. Przyborowski i in. [1996], krzyżując w obu kierunkach *L. albus* oraz *L. mutabilis* z *L. angustifolius*, stwierdzili, że najodpowiedniejszym momentem izolacji zarodków mieszańcowych jest 10–15 dzień po zapyleniu. Przy zastosowaniu nowoczesnych technologii może być realne pokonanie barier krzyżowalności w rodzaju *Lupinus* [Atkins i in. 1998, Przyborowski 2003, Clements i in. 2008].

Prace nad uzyskiwaniem mieszańców międzygatunkowych są prowadzone nie tylko ze względu na możliwość wykorzystania ich w praktyce hodowlanej do ulepszenia odmian. Pozwalają one także określić pokrewieństwo genetyczne gatunków, co jest ważne z genetycznego i taksonomicznego punktu widzenia [Buirchell i Cowling 1992]. Na podstawie uzyskanych mieszańców Kazimierski [1963a, 1963b] podzielił czternaście gatunków amerykańskich na dwie grupy. Do pierwszej, którą nazwał sekcją Hartwegii, zaliczył gatunki krzyżujące się między sobą i z *L. hartwegii*. Kazimierskiemu udało się skrzyżować *L. mutabilis* z *L. albococcineus*, *L. douglasi*, *L. ornatus*, *L. pubescens*, a także z *L. hartwegii*, ale tylko wówczas, gdy *L. hartwegii* był formą mateczną [Kazimierski i Kazimierska 1988]. Buschmann-Lock i in. [1992] stwierdzili, że łagiewki pyłkowe *L. hartwegii* mogą przerastać słupek *L. mutabilis* i odwrotnie. A zatem nie występują bariery chroniące przed wzajemnym zapłodnieniem tych gatunków. Rozwój zarodka uzyskanego w wyniku skrzyżowania *L. mutabilis* z *L. hartwegii* zatrzymuje się jednak w stadium liścieni, a w odwrotnym kierunku krzyżowania w stadium globularnym [Buschmann-Lock i in. 1992].

W pracy Brejda i Sawickiej-Sienkiewicz [1997] uzyskano 14 nasion ze skrzyżowania *L. hartwegii* x *L. mutabilis* oraz 4 z krzyżowania odwrotnego. Skrzyżowano ponadto *L. mutabilis* z *L. elegans*, *L. paniculatus*, *L. pubescens* i *L. succulentus*, czego efektem było otrzymanie 51 nasion mieszańcowych. Wyniki uzyskane przez Phoplonkera i Caligarię (niepublikowane) potwierdzają możliwość uzyskania mieszańców *L. mutabilis* x *L. elegans* i *L. albococcineus*. Baer i Barra [1990] uzyskali mieszańce *L. mutabilis* x *L. polyphyllus*. Wynik ten nie został jednak potwierdzony późniejszymi próbami skrzyżowania przedstawicieli tych gatunków. Przedstawione przez Brejda i Sawicką-Sienkiewicz [1997] wyniki krzyżowania *L. mutabilis* z *L. polyphyllus* były niezadowolające. Pomimo zapylenia 40 kwiatów *L. polyphyllus* pyłkiem *L. mutabilis* nie udało się uzyskać nasion. Rezultat krzyżowania odwrotnego okazał się także negatywny. W prezentowanej pracy Brejda i Sawickiej-Sienkiewicz nie udało się również uzyskać nasion po skrzyżowaniu *L. mutabilis* z *L. nanus*, zaliczanym do grupy gatunków niekrzyżujących się z sekcją Hartwegii [Kazimierski 1963a, 1963b]. Przyjęto istnienie barier genetycznych między gatunkami Starego i Nowego Świata, za przyczyną których uzyskanie ich mieszańców jest utrudnione, a wręcz niemożliwe [Gladstones 1974]. Zakończone porażką próby skrzyżowania *L. mutabilis* z gatunkami z sekcji *Atlanticus* i *Pilosus* potwierdzają tę hipotezę [Brejda i Sawicka-Sienkiewicz 1997].

Von Baer [2004] uzyskał obiecujące mieszańce, krzyżując wstecznie (*Lupinus polyphyllus* x *L. mutabilis*) z *L. mutabilis*. Otrzymane mieszańce zawierały 53,6% białka, 16% tłuszczu lub 48,9% białka i 22,9% tłuszczu bądź 43,3% białka i 28,9% tłuszczu. Odnotowano ujemną korelację między zawartością białka i tłuszczu. Mieszańce były o siedem dni wcześniejsze niż formy rodzicielskie. Stwierdzono, że opadanie strąków było warunkowane genami recesywnymi [Baer von 2004].

Badania nad możliwością krzyżowania *L. mutabilis* z *L. luteus*, *L. angustifolius* i *L. albus* (sekcje: *Luteus*, *Angustifolius*, *Albus*) skłaniają jednak do zastanowienia się nad możliwością przełamania istniejących barier genetycznych. Williams i in. [1980] zaobserwowali, że wzrost łagiewek pyłkowych następuje w jednokierunkowych krzyżowaniach między *L. mutabilis* a *L. luteus*, *L. angustifolius*, *L. albus*. Istnienie takiej jednokierunkowej zgodności nie zostało potwierdzone późniejszymi pracami. Przyborowski

i in. [1996a, 1996b] stwierdzili, że efektywność kiełkowania pyłku i przerastanie łagiewek pyłkowych są zależne od kierunku krzyżowania *L. mutabilis* x *L. angustifolius*. Rezultatem ich pracy było otrzymanie mieszańcowych zarodków, z których część zregenerowała w rośliny w kulturze *in vitro*. Phoplonker i Caligari (niepublikowane) otrzymali nasiona mieszańcowe z dwukierunkowych krzyżowań *L. mutabilis* i *L. albus*. Po sprawdzeniu liczby chromosomów mieszańców okazało się, że jest ona taka sama, jak u *L. mutabilis* ($2n = 48$), co było również potwierdzone w późniejszych badaniach [Augiewicz 2002, Zoga i in. 2008].

Ograniczenia w uzyskiwaniu mieszańców międzygatunkowych skłaniają do wykorzystania odpowiednich metod kultur *in vitro*, pozwalających na ominięcie pre- i postzygotycznych barier, w celu uzyskania żywotnych i płodnych mieszańców [Przyborowski 2003]. Niestety, łubin jest także zaliczany do roślin trudnych w hodowli kultur tkankowych. Dotychczas uzyskano regenerację roślin z dojrzałych lub niedojrzałych zarodków tylko u niektórych gatunków: *L. albus*, *L. mutabilis*, *L. polyphyllus* [Sator 1985, Nadolska-Orczyk 1992, Rybczyński i Podyma 1993, Zgagacz i Rybczyński 1994, Rybczyński 2001, Sawicka-Sienkiewicz i in. 2006].

3. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

W celu przeanalizowania zróżnicowania kolekcyjnych materiałów i możliwości indukowania nowej zmienności oraz ustalenia barier krzyżowalności, przeprowadzono doświadczenia polowe oraz analizy laboratoryjne według następującego schematu:

Analiza zmienności materiałów w kolekcyjnych

Seria I doświadczeń	} 12 genotypów należących do gatunków dzikich (<i>L. hispanicus subsp. hispanicus</i> , <i>L. pilosus</i> , <i>L. palaestinus</i> , <i>L. cosentinii</i> , <i>L. atlanticus</i>) i 8 do uprawnych (<i>L. angustifolius</i> , <i>L. albus</i> i <i>L. mutabilis</i>)	} Charakterystyka materiału pod względem 20 cech – morfologicznych, plonotwórczych oraz przebiegu faz fenologicznych na podstawie doświadczeń polowych założonych według metody losowanych bloków w trzech powtórzeniach
Seria II doświadczeń	} 7 mieszańców wewnątrzgatunkowych pokolenia F _{7, 8:19} uzyskanych po skrzyżowaniu wybranych przedstawicieli sekcji Mutabilii oraz 5 form rodzicielskich	
Seria III doświadczeń	} 8 mieszańców międzygatunkowych pokolenia F _{8:19} uzyskanych po skrzyżowaniu wybranych przedstawicieli sekcji Albus i Mutabilii oraz 11 form rodzicielskich	

Otrzymywanie nowych mieszańców

wewnątrzgatunkowych	} Rośliny pokolenia F ₂ uzyskane po skrzyżowaniu wybranych przedstawicieli <i>L. angustifolius</i> – odmiany Emir z rodem hodowlanym LAE – 1 oraz odmianą Graf i ich formy rodzicielskie	} Analiza zmienności cech morfologicznych na podstawie pomiarów wykonanych w polu oraz stopnia ich odziedziczalności
międzygatunkowych	} Słupki kwiatowe pobrane po 24, 72 i 168 h po zapyleniu wybranych przedstawicieli sekcji Albus x Atlanticus oraz Atlanticus x Albus, jak również słupki form rodzicielskich pobrane w fazie pełni kwitnienia kwiatu oraz w stadium przekwitającego okwiata	} Przeanalizowano przy użyciu mikroskopu fluorescencyjnego oraz preparatów trwałych proces zapylenia – osadzanie się pyłku na znamieniu słupka, jego kiełkowanie i przerwianie szyjki słupka, docieranie do załączka łagiewki pyłkowej i proces rozwoju zarodków mieszańcowych w ciągu siedmiu dni od momentu zapylenia formy matecznej

Doświadczenia polowe obejmujące trzy serie doświadczeń z kolekcją 12 genotypów dzikich następujących gatunków łąbinu: *L. hispanicus subsp. hispanicus*, *L. pilosus*, *L. palaestinus*, *L. cosentinii* oraz *L. atlanticus* na tle gatunków uprawnych: *L. albus*, *L. angustifolius* oraz *L. mutabilis* (tab. 2) oraz sześcioma populacjami wyjściowymi łąbinu

andyjskiego (XM.5, LM.13, LM.34, Mut-45, Mut-220, Mut-628), ośmioma mieszańcami międzygatunkowymi *L. albus* (*sensu lato*) x *L. mutabilis* i siedmioma mieszańcami wewnątrzgatunkowymi (tab. 3 i 4) pokolenia F_{7,8,9} przeprowadzono poza izolacją w latach 2003, 2004 oraz 2005.

Ponadto w roku 2002 otrzymano mieszańce wewnątrzgatunkowe *L. angustifolius* po skrzyżowaniu odmian Emir, Graf i rodu LAE-1, a następnie dokonano charakterystyki pokolenia F₂ pod względem wybranych cech morfologicznych i liczby strąków z pędu głównego oraz ich odziedziczalności. Podjęto również badania nad możliwością otrzymywania mieszańców międzygatunkowych między sekcją Albus i Atlanticus.

3.1. Materiał do badań

3.1.1. Kolekcja gatunków dzikich i uprawnych łubinu – seria I doświadczeń

W pierwszej serii doświadczeń oceniono 12 genotypów należących do 5 gatunków dzikich oraz wybranych odmian i rodów uprawnych gatunków łubinu, których pochodzenie podano w tabeli 2.

W roku 2000 w warunkach Dolnego Śląska wysiano i rozmnożono w izolacji kolekcję dzikich gatunków, otrzymaną z Washington State University – Regional Plant Introduction Station. Jednocześnie przeprowadzono wstępną ocenę zmienności 23 obiektów należących do sekcji: Luteus, Pilosus, Atlanticus, Luteus oraz Mutabili pod względem cech morfologicznych oraz faz fenologicznych w warunkach Dolnego Śląska. W ciągu kolejnych dwóch lat materiał prowadzono w izolacji i jednocześnie przeprowadzono jego dalszą ocenę oraz selekcję [Galek i Sawicka-Sienkiewicz 2001, 2004] i na tej podstawie wytypowano do dalszych doświadczeń 12 przedstawicieli pięciu dzikich gatunków łubinu.

3.1.2. Mieszańce wewnątrzgatunkowe łubinu andyjskiego – seria II doświadczeń

Druga seria doświadczeń dotyczyła oceny mieszańców wewnątrzgatunkowych łubinu andyjskiego – *L. mutabilis* oraz ich form rodzicielskich, których zestawienie podano w tabeli 3. Do krzyżowań użyto własne mutanty: Mut-220, Mut-160, Mut-45 uzyskane po zastosowaniu promieniowania γ ¹³⁷Cs na nasiona [Sawicka 1993] oraz mutantu epigonalnego KW wytworzonego w 1974 r. w ramach programu hodowlanego realizowanego w Niemczech (1974) przez Römera i Jahn-Deesbacha w wyniku indukowania mutacji (EMS) [Sawicka-Sienkiewicz i Kadłubiec 2001]. Pozostałe trzy formy rodzicielskie (XM.5, LM.13, LM.34), pochodzące z Niemiec i Francji zostały wytypowane na podstawie szczegółowej oceny pod względem plenności i adaptacji do warunków uprawy w Europie [Sawicka-Sienkiewicz i Kadłubiec 2001].

3.1.3. Mieszzańce międzygatunkowe – seria III doświadczeń

Trzecia seria doświadczeń obejmowała charakterystykę mieszańców międzygatunkowych uzyskanych przez skrzyżowanie przedstawicieli sekcji Albus i Mutabili [Brejda i Sawicka-Sienkiewicz 1997] oraz ich wybrane formy rodzicielskie. Pochodzenie materiałów podano w tabeli 4. Jako komponenty rodzicielskie reprezentujące sekcję Mutabili wybrano w latach 1995–1996 najbardziej obiecujące mutanty własne (Mut-136, Mut-45, Mut-628), mutanta KW oraz wyselekcjonowane populacje – XM.5, LM.13, LM.34 [Sawicka-Sienkiewicz i Kadłubiec 2001]. Z sekcji Albus wytypowano do krzyżowań *L. albus* ‘Wat’, *L. termis*, *L. graecus* otrzymane ze SHR Wiatrowo.

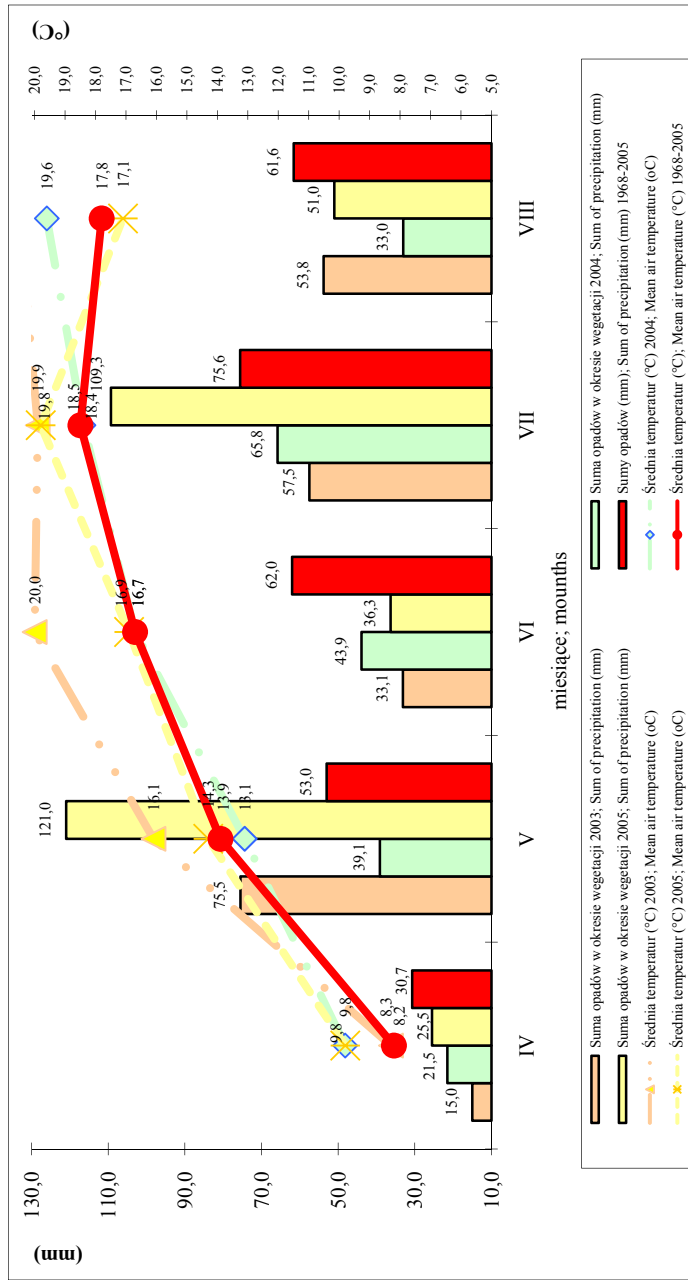
3.1.4. Warunki klimatyczno-glebowe prowadzenia doświadczeń polowych oraz charakteryzowane cechy u ocenianych gatunków i mieszańców w trzech seriach doświadczeń polowych

Doświadczenia polowe zakładano na glebie piaszczysto-gliniastej klasy IV kompleksu żytniego dobrego w kolejnych latach (2003, 2004, 2005), na poletkach o powierzchni 1 m², według schematu metody losowanych bloków w trzech powtórzeniach, wysiewając po 30 nasion w każdym powtórzeniu w rozstawie 20x20 cm. Przed siewem wykonano zabiegi uprawowe i pielęgnacyjne właściwe przy prawidłowej agrotechnice łubinu, a nasiona zaprawiono preparatem grzybobójczym „Funaben T”. Przedplonem łubinu w kolejnych latach była pszenica. Siew wykonywano co roku w I dekadzie kwietnia. W trakcie sezonu wegetacyjnego wykonywano zapobiegawczo opryski przeciwko antraknozie, stosując przemienne „Safrun 500 S.C.”, „Bravo” oraz „Amistar”.

Rok 2003 charakteryzował się wysokimi temperaturami oraz małą ilością opadów, szczególnie w czerwcu (33,1 mm), które były niższe o 40,3 mm od średniej z wielolecia. Pod względem średnich temperatur rok 2004 nie odbiegał znacznie od wielolecia, za to sumy opadów były niższe, szczególnie w maju i sierpniu (wyk. 1). W roku 2005 średnie temperatury w poszczególnych miesiącach nie odbiegały znacznie od wielolecia, za to wystąpiły bardzo obfite opady, w maju oraz lipcu ponad dwukrotnie wyższe niż w analogicznym okresie w latach 1968–2005 (wyk. 1).

Podczas okresu wegetacji lub po zbiorach określono dwanaście następujących cech:

- wysokość rośliny [cm],
- wysokość pędu głównego [cm],
- liczbę rozgałęzień bocznych pierwszego rzędu [szt.],
- długość kwiatostanu na pędzie głównym [cm],
- liczbę zawiązanych strąków na pędzie głównym [szt.],
- indeks płodności pędu głównego [%],
- długość kwiatostanu na pędzie bocznym [cm],
- liczba zawiązanych strąków na pędzie bocznym [szt.],
- indeks płodności pędu bocznego [%],
- liczbę strąków z pędu głównego [szt.],
- liczbę strąków z rośliny [szt.],
- masę tysiąca nasion [g].



Wyk. 1. Dane meteorologiczne w latach 2003–2005 oraz średnie z lat 1968–2005
 Fig. 1. Meteorological data in 2003–2005 years and means from year's 1968–2005

Oceniono również fazy rozwoju roślin, określając, po ilu dniach od momentu siewu nastąpiły wschody, pojawienie się pierwszej pary liści, pąkowanie, kwitnienie oraz zawiązywanie strąków na pędach głównych oraz bocznych, a także jak kształtowała się długość okresu wegetacji u analizowanych genotypów.

Materiał trzech serii doświadczeń scharakteryzowano łącznie pod względem 20 cech.

3.1.5. Opracowanie statystyczne

W celu zweryfikowania hipotezy o braku zróżnicowania analizowanych obiektów pod względem 20 cech wykonano analizę wariancji dla doświadczeń zakładanych według metody losowanych bloków, a średnie kwadraty umieszczono w tabelach: 5a, 5b, 6a, 6b oraz 7a, 7b, 8a, 8b, 11a, 11b. W przypadku stwierdzenia istotnego zróżnicowania między obiektami, wykonano test Haufe-Geidel'a (1984) w celu pogrupowania średnich pod względem każdej cechy indywidualnie.

W tabelach (6, 8, 9, 12a–12e) zamieszczono średnie wartości wszystkich analizowanych cech dla każdego obiektu: średnie ogólne (\bar{X}) dotyczące danej cechy i w poszczególnych latach oraz odchylenia standardowe (SD), współczynniki zmienności (V%) i zakresy zmienności (min – max) każdej cechy określone na podstawie danych surowych (z 90 pomiarów) uzyskanych w odniesieniu do poszczególnych genotypów w trakcie trzech lat doświadczeń. W przypadku wykazania istotnych różnic między obiektami obliczono wartość najmniejszej istotnej różnicy (NIR).

Określono współzależności między cechami, wyznaczając współczynniki korelacji (Pakiet Statistica 8.0), zamieszczone w tabelach 7, 10, 13. Ponadto wykonano dendrogramy metodą najdalszego sąsiedztwa i określono podobieństwa między genotypami, wykonując dendrogram powiązań na podstawie odległości euklidesowych dla materiałów z każdej z trzech serii doświadczeń (rys. 2, 3, 4). Każdy z trzech dendrogramów przecięto według wartości q_i , która to wskazuje miejsce podziału [Grabiński 1992, Stanisław 2007], przy wykorzystaniu Pakietu Statistica 8.0.

3.2. Otrzymywanie nowych mieszańców w rodzaju *Lupinus*

3.2.1. Mieszańce wewnątrzgatunkowe *L. angustifolius*

Analizowanym materiałem były rośliny pokolenia F_2 uzyskane po skrzyżowaniu w roku 2002 odmiany Emir z rodem hodowlanym LAE-1 oraz odmianą Graf. Uzyskane w roku 2002 nasiona pokolenia F_1 rozmnożono w 2003 r. i zebrano nasiona kolejnego pokolenia F_2 . W 2004 r. wysiano nasiona pokolenia F_2 , uzyskując 104 rośliny po skrzyżowaniu ('Emir' x LAE-1) i 237 ('Emir' x 'Graf') oraz po 60 roślin poszczególnych form rodzicielskich. Dokonano oceny pod względem: wysokości rośliny i pędu głównego, długości kwiatostanu pędu głównego, liczby bocznych pędów oraz liczby zawiązanych strąków na pędzie głównym, a także określono masę tysiąca nasion. Określono również barwę kwiatów oraz nasion. Aby ocenić zmienność otrzymanego potomstwa, obliczono takie

parametry statystyczne jak: średnia ogólna, wariancja, odchylenie standardowe, współczynnik zmienności, zakres zmienności – minimum, maksimum. Obliczono współczynniki odziedziczalności badanych cech według wzoru Mahmuda i Kramera [1951]:

$$h_{F_2}^2 = \frac{S_{F_2}^2 - \sqrt{S_A^2 \times S_B^2}}{S_{F_2}^2}$$

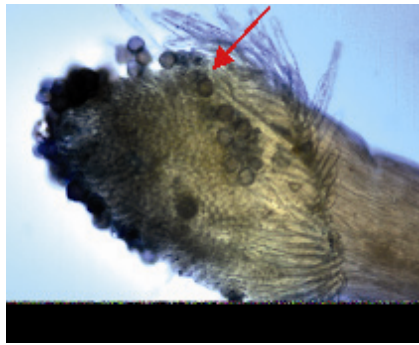
Zastosowano test χ^2 w celu zbadania sposobu dziedziczenia barwy kwiatów i nasion. Jednocześnie przeprowadzono analizę kiełkowania pyłku formy ojcowskiej na znamionach słupków roślin odmiany Emir, jego przerastania przez szyjkę słupka i docieranie do zalążka u formy macecznej. Obserwacje prowadzono w świetle UV mikroskopu fluorescencyjnego na pobranych wcześniej słupkach po 24, 72 i 168 godzinach po przepyleniu. Preparaty wykonano zgodnie z metodą podaną przez Adachiego i in. [1983].

3.2.2. Mieszance międzygatunkowe między sekcjami *Albus* i *Atlanticus*

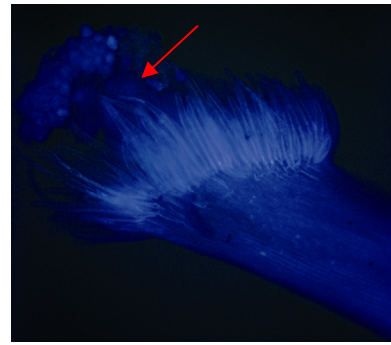
Materiał do badań stanowiły wyizolowane z okwiatu słupki roślin macecznych, z których kwiatów uprzednio usunięto pylniki, a następnie przepylano pyłkiem form ojcowskich (dwukrotnie w odstępnie dwudniowym) według poniższego schematu w latach 2003 oraz 2004, w celu prześledzenia przebiegu zapylania, kiełkowania pyłku, wzrostu łagiewek pyłkowych oraz rozwoju zarodków we wczesnych fazach embriogenezy:

- *L. albus* ‘Butan’ x *L. cosentinii*,
- *L. albus* ‘Butan’ x *L. atlanticus*,
- *L. cosentinii* x *L. albus* ‘Butan’,
- *L. cosentinii* x *L. atlanticus*,
- *L. atlanticus* x *L. cosentini*,
- *L. atlanticus* x *L. albus* ‘Butan’.

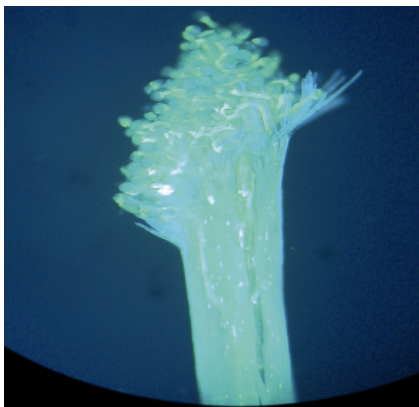
Materiał pobierano po 24, 72, 168 godzinach od pierwszego przepylecia i utrwalano w utrwalaczu Carnoya (kwas octowy lodowaty 1 objętość: alkohol etylowy 2 objętości), następnie po upływie doby przemyto alkoholem etylowym (70%), po czym zalano nim i tak przechowywano aż do momentu podjęcia obserwacji. Oceniano osadzanie się pyłku na znamieniu, kiełkowanie pyłku na znamieniu, przerastanie łagiewek pyłkowych przez szyjkę słupka oraz docieranie ich do zalążka (fot. 1a–d). Obserwacje mikroskopowe prowadzono przy powiększeniach: 10x, 20x, 40x i 50x. Analizowano po 30 preparatów z każdego terminu pobrania słupków w świetle mikroskopu fluorescencyjnego po ich uprzedniej maceracji w 1 N HCL w 40°C i wybarwiając błękitem aniliny [Adachi i in. 1983]. Ponadto obserwowano, jak przebiegają te procesy bez ingerencji, czyli bez usuwania pylników, pobierając słupki form macecznych w pełni kwitnienia oraz w momencie, gdy okwiat był przekwitnięty. Przepylone kwiaty były również podstawą do wykonania preparatów trwałych, w celu prześledzenia tworzenia się prozarodków czy zarodków w zalążni. Przy zestawianiu wyników z obserwacji mikroskopowych podano procentowe udziały słupków w poszczególnych etapach kiełkowania pyłku i wzrostu łagiewek pyłkowych w stosunku do ogólnej liczby preparatów. Ponadto od 50 do 240 kwiatów po przepyleciu według powyższego schematu pozostawiono na roślinach, w celu otrzymania nasion mieszańcowych, a efektywność ich powstawania (%) podano w tabeli 18.



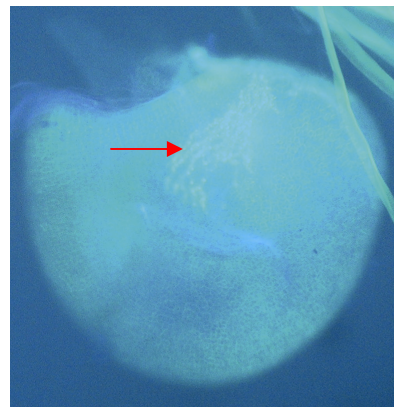
a.



b.



c.



d.

- a. obecność pyłku na znamieniu słupka – presence of pollen grains on the stigma;
 b. kielkujący pyłek na znamieniu słupka – germinating pollen grains on the sigma;
 c. łagiewki pyłkowe przerastające szyjkę słupka – pollen tubes growth through style;
 d. łagiewki pyłkowe przerastające zalażek – pollen tubes reaching ovules

Fot. 1. Etapy oceny zachowania się pyłku w trakcie prowadzonego programu krzyżowań oddalonych
 Phot. 1. Analysis steps of pollen grains behavior during interspecific crossing programm

4. WYNIKI

4.1. Charakterystyka zmienności przedstawicieli dzikich gatunków łubinu na tle form uprawnych pod względem cech morfologicznych, struktury plonu oraz faz fenologicznych w warunkach Dolnego Śląska

Na podstawie przeprowadzonej analizy wariancji stwierdzono istotne zróżnicowanie wśród analizowanych genotypów pod względem dwudziestu cech (tab. 5a, 5b). Wykazano również istotny wpływ lat badań na ekspresję większości cech u poszczególnych genotypów, z wyjątkiem długości okresu wegetacji. Nie stwierdzono istotnej interakcji pomiędzy genotypami i latami (GxL) tylko w przypadku dwóch cech: liczby strąków z pędów bocznych i długości okresu wegetacji.

Najniższymi roślinami charakteryzowały się gatunki *L. atlanticus*, *L. albus* oraz *L. angustifolius* odmiany 'Elf' (tab. 6a). Jednocześnie u roślin *L. atlanticus* zaobserwowano, iż pędy boczne nie dominowały nad pędem głównym. Najmniej rozgałęzień bocznych, bo dwa, stwierdzono u *L. atlanticus*, a najwięcej u *L. hispanicus subsp. hispanicus*, bo aż siedem. Stwierdzono, że im rośliny miały mniej rozgałęzień bocznych, tym więcej zawiązywały strąków na pędzie głównym oraz szybciej osiągały poszczególne fazy fenologiczne (tab. 6a–6e, 7).

Współczynniki zmienności wysokości pędu głównego i całej rośliny przedstawione w tabeli 6a przekroczyły 30% w wypadku przedstawicieli gatunku *L. atlanticus*, a w odniesieniu do liczby rozgałęzień bocznych wysokie wartości tego parametru odnotowano u *L. atlanticus* PI 384613 oraz *L. hispanicus subsp. hisp.* i *L. pilosus* PI 11424, a wartości współczynnika zmienności poniżej 10% stwierdzono dla wysokości całej rośliny u *L. angustifolius* 'GRAF' oraz *L. hispanicus subsp. hispanicus*.

Wśród przebadanych dwudziestu przedstawicieli ośmiu gatunków odnotowano zróżnicowanie pod względem długości kwiatostanu pędu głównego i wydzielono 5 grup jednorodnych na podstawie testu Haufe-Gaidela (tab. 6b). Rośliny *L. mutabilis* charakteryzowały się kwiatostanami pędu głównego powyżej 25 cm, sekcji Albus i Lutei zaś poniżej 10 cm. Do roślin o najkrótszych kwiatostanach należały także badane genotypy *L. cosentinii*. Ponad 15 strąków z pędu głównego zebrano z roślin dwóch obiektów badawczych *L. atlanticus* (PI 386413, PI384613) oraz dwóch form *L. mutabilis* (LM.34, 'Potosi'). Gatunki *L. atlanticus* i *L. cosentinii* charakteryzowały się bardzo korzystnym

indeksem płodności – od 50 do 70% (tab. 6b). Liczba zebranych strąków z pędu głównego była istotnie ujemnie zależna od długości poszczególnych faz fenologicznych – im krótszy czas osiągnięcia przez rośliny danej fazy, tym więcej strąków było zawiązanych na pędzie głównym, natomiast odnotowano dodatnią korelację z długością kwiatostanu (tab. 7).

Analizując długość kwiatostanu pędu bocznego, stwierdzono, iż w porównaniu z pędem głównym był on o 10 cm krótszy (tab. 6b, 6c). Na pojedynczym pędzie bocznym najczęściej strąków stwierdzono u roślin *L. cosentinii* (PI 32534, PI 32535) – powyżej 7, a ponadto oceniane cztery linie tego gatunku wyróżniły się najlepszym indeksem płodności na pędach bocznych.

Przedstawione w tabeli 6b współczynniki zmienności były szczególnie niskie u poszczególnych genotypów, zwłaszcza w odniesieniu do długości kwiatostanu pędu głównego, gdyż nie przekroczyły 10%, z wyjątkiem *L. hispanicus subsp. hispanicus*. W wypadku kolejnych dwóch cech określanych na pędzie głównym – liczby zawiązanych strąków i indeksu płodności – u wszystkich genotypów współczynniki zmienności przekraczały 10%, a u kilku genotypów przekroczyły 30% (tab. 6b). Większy zakres zmienności odnotowano w przypadku cech dotyczących kwiatostanu pędu bocznego, gdzie wartości współczynników zmienności większości genotypów przekraczały 20%, a kilku od 30,5 do 53,5% (tab. 6c).

W tabeli 6d przedstawiono średnie wartości liczby zebranych strąków z rośliny, z pędów bocznych oraz średnie masy tysiąca nasion, a także parametry statystyczne. Ponad 40 strąków z rośliny zebrano z roślin *L. mutabilis* 'Potossi' oraz *L. hispanicus subsp. hispanicus*. Dziewięciu przedstawicieli należących do różnych gatunków zawiązywało 30–35 strąków na roślinie (tab. 6d). U większości gatunków stwierdzono 60–80% udział strąków z pędów bocznych w ogólnej liczbie strąków z rośliny. Rośliny przedstawicieli gatunku *L. atlanticus* charakteryzowały się 36–47% udziałem strąków z pędów bocznych w stosunku do ogólnej liczby strąków z rośliny.

Wysoką wartością masy tysiąca nasion, powyżej 500g, wyróżniły się gatunki *L. pilosus* oraz *L. palaestinus*, a nasiona o niskich wartościach tej cechy stwierdzono u *L. hispanicus subsp. hispanicus*, a następnie u *L. angustifolius* i *L. mutabilis* (tab. 6d).

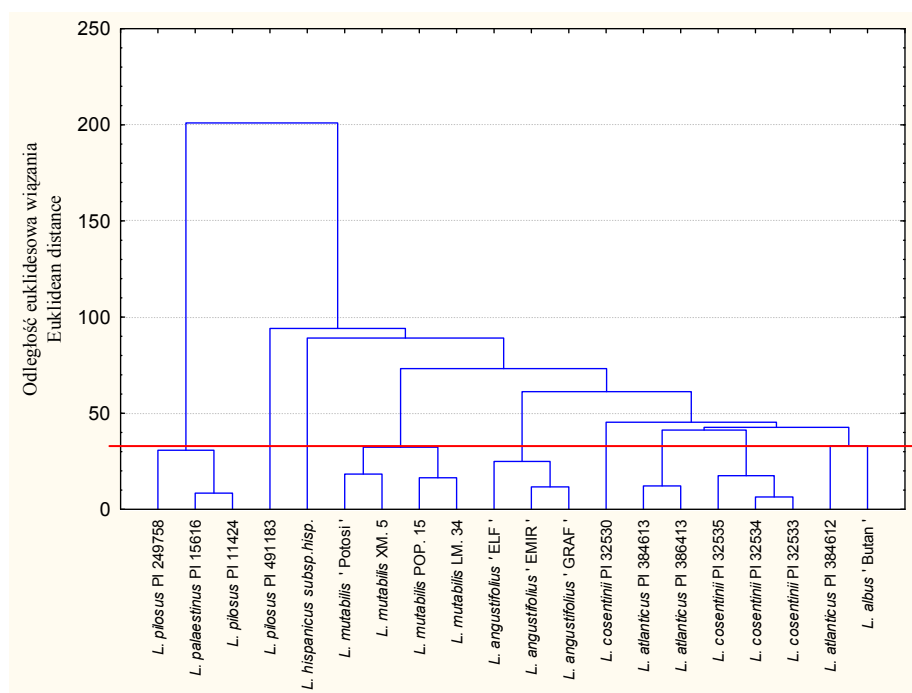
W odniesieniu do liczby strąków z pędów bocznych oraz z rośliny odnotowano najwyższe wartości współczynników zmienności, spośród wszystkich analizowanych cech (wyniki analiz zawarte w tabelach 6a–6c), gdyż w większości genotypów przekraczały 30% i osiągały maksymalnie 59,2%.

Analizując tempo wzrostu, począwszy od wschodów, a także biorąc pod uwagę dojrzałość zniwną roślin, najwolniej te fazy przebiegały u *L. hispanicus subsp. hispanicus*, *L. mutabilis* oraz *L. palaestinus* i *L. pilosus*. Okres wegetacji trzech genotypów *L. atlanticus* był tylko o tydzień dłuższy w stosunku do *L. angustifolius*, a o kolejny tydzień późniejsze były genotypy *L. cosentinii*. Jeden z trzech analizowanych genotypów *L. pilosus* dojrzewał w podobnym terminie do łubinu białego 'Wat' (tab. 6e).

Takie cechy morfologiczne jak wysokość i długość kwiatostanu pędu głównego, liczba rozgałęzień bocznych czy też liczba strąków z pędu głównego oraz indeks płodności na pędach głównym i bocznym wykazywały ujemną zależność z fazami fenologicznymi. W przypadku liczby strąków rośliny stwierdzono istotną, dodatnią korelację

z liczbą strąków z pędów bocznych oraz długością kwiatostanu pędu bocznego. Natomiast im masa tysiąca nasion pędu głównego była wyższa, tym rośliny charakteryzowały się niższym wzrostem, ograniczoną liczbą rozgałęzień I rzędu i liczbą zebranych strąków (tab. 7).

Analizując podział genotypów za pomocą analizy skupień dokonany na podstawie wartości badanych 20 cech, wyróżniono pięć grup materiałów (rys. 2). Na jednej gałęzi zostały zawieszony dwa genotypy *L. pilosus* oraz *L. palaestinus*, na drugiej wszystkie cztery formy *L. mutabilis*, na trzeciej odmiany *L. angustifolius*, na czwartej dwa spośród trzech badanych obiektów *L. atlanticus*, a na piątej trzy z czterech analizowanych genotypów *L. cosentinii*. Pozostali przedstawiciele pięciu różnych gatunków (*L. pilosus* PI 491183, *L. hispanicus subsp. hispanicus*, *L. cosentinii* PI 32530, *L. atlanticus* PI 384612, *L. albus* 'Butan ') utworzyli niezależne skupienia (rys. 2).



Rys. 2. Dendrogram podobieństwa ocenianych dzikich i uprawnych gatunków *Lupinus* na podstawie 20 analizowanych cech – morfologicznych, struktury plonu oraz fenologicznych
 Fig. 2. The similarity dendrogram for investigated wild and cultivated *Lupinus* species – based on the 20 analyzed traits – morphological, yield structure and phenological characters

4.2. Charakterystyka zmienności mieszańców wewnątrzgatunkowych *L. mutabilis* pod względem cech morfologicznych, struktury plonu oraz faz fenologicznych w warunkach Dolnego Śląska

Na podstawie przeprowadzonej analizy wariancji stwierdzono istotny wpływ lat na ekspresję poszczególnych cech, a także istotne zróżnicowanie mieszańców *L. mutabilis* i ich form rodzicielskich pod względem analizowanych cech. Ponadto wykazano istotną interakcję między genotypami i latami w odniesieniu do większości cech, z wyjątkiem długości kwiatostanu pędu bocznego oraz rozwoju pierwszej pary liści, zawiązywania strąków na pędzie głównym oraz kwitnienia i zawiązywania strąków na pędach bocznych (tab. 8a, 8b).

W tabeli 9a zestawiono wartości średnie wysokości roślin, pędu głównego oraz liczby rozgałęzień bocznych pięciu form rodzicielskich i siedmiu mieszańców wraz z parametrami statystycznymi. Spośród form rodzicielskich najwyższe rośliny występowały u *L. mutabilis* LM.13 oraz LM.34, a u mieszańców (MUT.220 x KW) – od 88,2 do 91,9 cm. Pozostałe genotypy zaliczono do jednej grupy jednorodnej na podstawie testu Haufe-Gaidela. U wszystkich badanych genotypów pędy boczne przewyższały pęd główny – średnio o 16% (tab. 9a).

Do najmniej rozgałęziających się form rodzicielskich wytwarzających średnio od 2,5 do 3 sztuk pędów bocznych pierwszego rzędu należały: Mut-45, Mut-220, XM.5 oraz mieszańiec (XM.5 x KW 2-12). Mieszańcami tworzącymi liczne rozgałęzienia były (LM.34 x Mut-45), (Mut-220 x KW) i (Mut-160 x KW), zaliczone do grupy „a” na podstawie testu Haufe-Gaidela (tab. 9a).

Współczynniki zmienności wysokości pędu głównego i całej rośliny w odniesieniu do poszczególnych genotypów nie przekraczały 30% i wahały się od 11,7 do 27%. Biorąc pod uwagę liczbę rozgałęzień bocznych trzech genotypów – dwóch form rodzicielskich (*L. mutabilis* XM.5 i Mut-220) i jednego mieszańca (MUT.220 x KW), odnotowano współczynniki zmienności powyżej 30%.

Najkrótszymi kwiatostanami pędu głównego charakteryzowały się rośliny Mut-45 (tab. 9b). Jednocześnie zebrano z nich powyżej 11 strąków. W wypadku większości analizowanych genotypów, w tym 4 mieszańców, długość kwiatostanu przekraczała 25 cm. Spośród mieszańców najwięcej strąków na pędzie głównym zawiązywały rośliny (Mut-160 x KW) i (LM.34 x Mut-45) – od 11 do 13 sztuk, a z form rodzicielskich Mut-220 – powyżej 15 (tab. 9b). Średni indeks płodności pędu głównego 12 genotypów nie przekraczał 30%, a bocznego 22% (tab. 9b, 9c). Współczynniki zmienności poszczególnych genotypów dotyczące długości kwiatostanu pędu głównego nie były wysokie i mieściły się w zakresie od 12,9 do 26,7%, natomiast w odniesieniu do pozostałych dwóch cech zamieszczonych w tabeli 9b były zdecydowanie wyższe i w wypadku ośmiu z dwunastu genotypów zawierały się między 29,9 a 58,8%.

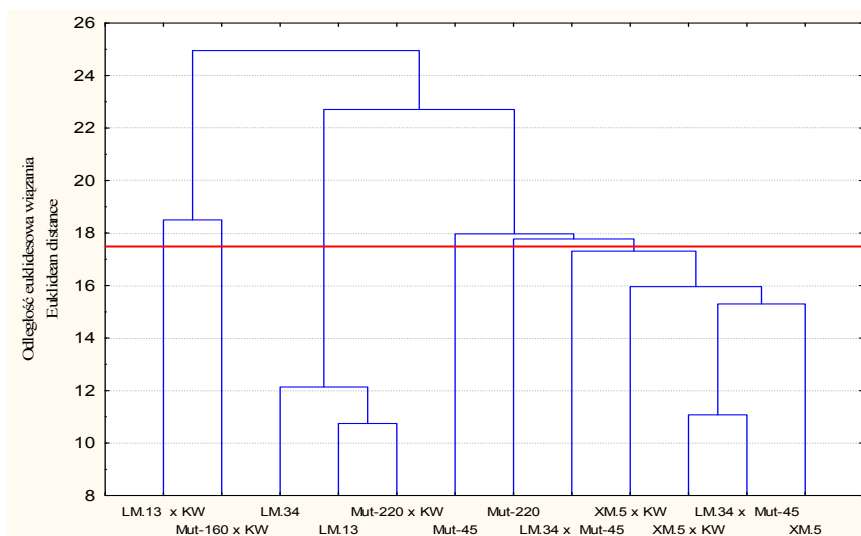
Najdłuższe kwiatostany pędu bocznego wśród pięciu form rodzicielskich stwierdzono u *L. mutabilis* LM.13 (16,5 cm), a najkrótsze u LM.34 (11,8 cm). Spośród mieszańców, na podstawie testu Haufe-Gaidela, cztery genotypy zostały zakwalifikowane do grupy „a” o kwiatostanach 14,6 – 15,5 cm, a pozostałe trzy do grupy „b” o długości kwiatostanów 12,7–13,9 cm (tab. 9c). Dwie formy rodzicielskie – Mut-45 i MUT.220, zaliczone do tej samej grupy jednorodnej, wyróżniły się dobrym osadzeniem strąków na pojedynczym pędzie bocznym, gdyż zawiązywały ich powyżej 7 sztuk, a wszystkie pozostałe genotypy zostały zakwalifikowane do drugiej grupy jednorodnej o liczbie strąków od 4,4 do 6,1. Współczynniki zmienności obliczone w odniesieniu do długości kwiatostanu pędu bocznego w wypadku wszystkich genotypów przekroczyły 20%, osiągając maksymalne wartości 32 i 40,5% u mieszańców (XM.5 x KW) oraz (LM.13 x KW) (tab. 9c). W przypadku pozostałych dwóch cech były wyższe, gdyż u ponad połowy genotypów przekroczyły 30%.

Formy rodzicielskie zawiązywały na roślinie od 25 u XM.5 do 34 u LM.34, Mut-220 i Mut-45 strąków. Do najplenniejszych mieszańców – tworzących powyżej 30 strąków zaliczono: (LM.34 x Mut-45), (Mut-160 x KW) oraz (XM.5 x KW) (tab. 9d). Najniższymi wartościami masy tysiąca nasion – średnio 100g – charakteryzowały się rośliny Mut-45, (LM.34 x Mut-45) oraz (XM.5 x KW). Najwyższymi wartościami tej cechy wyróżniły się mieszańce: (LM.13 x KW) oraz (Mut-160 x KW) – średnio 170g (tab. 9d). Największą zmienność zaobserwowano, analizując liczbę zebranych strąków z pędów bocznych, wyniki wahały się od 24 do 63,3% (tab. 9d).

Analizując tempo wzrostu, stwierdzono, że rośliny ocenianych genotypów wschodziły średnio po 17 dniach, a po kolejnych ośmiu tworzyły pierwszą parę liści (tab. 9e). Kwitnienie na pędach bocznych miało miejsce po siedemnastu dniach w stosunku do kwitnienia pędów głównych. Późno kwitnące pędy boczne roślin wydłużały okres wegetacji łubinów aż do 150 dni. Mieszańce (XM.5 x KW) oraz (LM.34 x Mut-45) – 11, (LM.13 x KW) charakteryzowały się najkrótszym okresem wegetacji – 144 dni, a *L. mutabilis* XM.5 najdłuższym – 150 dni (tab. 9e).

Stwierdzono istotną, dodatnią zależność między wysokością pędu głównego a wielkością analizowanych cech (tab. 10), z wyjątkiem liczby zawiązanych strąków i indeksu płodności na pędzie bocznym oraz okresu wegetacji. Im rośliny miały więcej rozgałęzień bocznych tym zawiązywały więcej strąków. Liczba strąków z pędu głównego oraz całej rośliny i indeks płodności wykazywały dodatnią zależność od analizowanych faz fenologicznych (tab. 10).

Analiza skupień przeprowadzona na podstawie wartości badanych 20 cech pozwoliła na wyróżnienie trzech grup materiałów, a osobne skupienia utworzyły Mut-45, Mut-220, (LM.13 x KW) oraz (Mut-160 x KW) (rys. 3). Jedno większe skupienie utworzyły dwa analizowane mieszańce (XM.5 x KW) i (LM.34 x Mut-45) oraz XM.5, a drugie, mniejsze LM.34, LM.13 oraz (Mut-220 x KW) (rys. 3).



Rys. 3. Dendrogram podobieństwa mieszańców wewnątrzgatunkowych łubinu andyjskiego na podstawie 20 analizowanych cech – morfologicznych, struktury plonu oraz fenologii

Fig. 3. The similarity dendrogram for the intraspecific hybrids of Andean lupin – based on the 20 analysed traits – morphological, yield structure and phenological characters

4.3. Charakterystyka zmienności mieszańców międzygatunkowych *L. albus* sensu lato i *L. mutabilis* pod względem cech morfologicznych, struktury plonu oraz faz fenologicznych w warunkach Dolnego Śląska

Na podstawie analizy wariancji stwierdzono istotne zróżnicowanie wśród mieszańców międzygatunkowych i form rodzicielskich pod względem cech morfologicznych, elementów struktury plonu oraz fenologii (tab. 11a, 11b). Wykazano również istotny wpływ lat badań na ekspresję cech, z wyjątkiem liczby strąków z pędów bocznych i z rośliny oraz terminu zawiązywania strąków na pędach bocznych. Stwierdzono w odniesieniu do wszystkich ocenianych cech istotną interakcję pomiędzy genotypami i latami (G x L).

W tabelach od 12a do 12e przedstawiono parametry statystyczne analizowanych cech u 10 gatunków rodzicielskich i 9 mieszańców oddalonych. Wysokość roślin mieszańców wahała się od 52,7 do 109,5 cm, natomiast form rodzicielskich od 48,5 do 106,1 cm. Najniższymi roślinami charakteryzowały się *L. vavilovi*, a następnie *L. graecus*, *L. albus* 'Wat' i *L. termis* oraz mieszańce (*L. vavilovi* x *L. mutabilis* LM.34) (*L. vavilovi* x *L. mutabilis* Mut-45) i (*L. termis* x *L. mutabilis* KW). Mieszańce (*L. mutabilis* LM.13 x *L. graecus*) pokoleń F₇ i F₈ na podstawie testu Haufe-Gaidela zostały zaliczone do jednej grupy jednorodnej wraz z formą mateczną i mieszańcem (*L. mutabi-*

lis XM.5 x *L. vavilovi*). Stwierdzono istotną, dodatnią transgresję pod względem wysokości całej rośliny w porównaniu do obydwu form rodzicielskich u dwóch mieszańców: (*L. albus* 'WAT' x *L. mutabilis* Mut-136) i (*L. termis* x *L. mutabilis* XM.5) (tab. 12a).

Pod względem wysokości pędu głównego przedstawiciele sekcji Albus charakteryzowali się roślinami o niskich wartościach tej cechy – średnio 64,1 cm, a genotypy przynależne do sekcji Mutabili były od nich wyższe średnio o 29 cm (tab. 12a). U wszystkich genotypów pędy boczne przerastały pęd główny, wykazując dominację. Do mieszańców o najniższych pędach głównych należały: (*L. vavilovi* x *L. mutabilis* LM.34) (*L. vavilovi* x *L. mutabilis* Mut-45), (*L. termis* x *L. mutabilis* KW), (*L. termis* x *L. mutabilis* Mut.628), a najwyższe pędy główne stwierdzano u roślin (*L. termis* x *L. mutabilis* XM.5), które wykazywały transgresję w stosunku do obu form rodzicielskich. Mieszańiec (*L. albus* 'WAT' x *L. mutabilis* Mut-136) został zaliczony do tej samej grupy jednorodnej pod względem wysokości pędu głównego, podobnie jak forma ojcowska, czyli *L. mutabilis* (tab. 12a).

Genotypy rodzicielskie charakteryzowały się liczbą rozgałęzień bocznych od 2,6 do 4 sztuk. Największą liczbą rozgałęzień bocznych pierwszego rzędu – średnio powyżej 4 – stwierdzono u czterech mieszańców (*L. albus* 'WAT' x *L. mutabilis* Mut-136), (*L. termis* x *L. mutabilis* XM.5), (*L. mutabilis* XM.5 x *L. vavilovi*) (*L. mutabilis* LM.13 x *L. graecus*-18) oraz *L. vavilovi*, *L. graecus* i *L. mutabilis* LM.34, które to formy zostały zaliczone do jednej grupy jednorodnej. Najmniej rozgałęzień bocznych, średnio 2,6 wytwarzały rośliny *L. mutabilis* Mut-628, przy czym u tego genotypu odnotowano największą zmienność pod względem tej cechy, co wskazuje na możliwość dalszej selekcji, gdyż odnotowano nawet rośliny niewytwarzające pędów bocznych. Dla 5 mieszańców – (*L. vavilovi* x *L. mutabilis* Mut-45), (*L. vavilovi* x *L. mutabilis* LM.34), (*L. termis* x *L. mutabilis* Mut-628), (*L. termis* x *L. mutabilis* KW) oraz (*L. mutabilis* LM.13 x *L. graecus* – 19) – stwierdzono ograniczenie liczby rozgałęzień bocznych do trzech (tab. 12a).

Biorąc pod uwagę współczynniki zmienności trzech cech przedstawionych w tabeli 12a, widać wyraźnie, że mieszańce pokoleń F₇ i F₈ charakteryzowały się niższymi ich wartościami niż formy rodzicielskie, co świadczy o skutecznej selekcji w celu wyrównania materiałów. Formy rodzicielskie, u których odnotowano szczególnie wysokie wartości współczynników zmienności to *L. graecus* – w odniesieniu do wysokości rośliny i pędu głównego (31,3%) oraz *L. mutabilis* XM.5 (48,3%) i *L. mutabilis* Mut-628 (61,5%) w odniesieniu do liczby rozgałęzień bocznych.

Badane genotypy były bardzo zróżnicowane pod względem długości kwiatostanów, gdyż wyróżniono aż siedem grup jednorodnych (tab. 12b). Rośliny *L. mutabilis* charakteryzowały się kwiatostanami pędu głównego powyżej 25 cm, sekcji Albus poniżej 15 cm, natomiast mieszańce, u których formą mateczną był *L. vavilovi* lub *L. termis* były podobne do grupy łubinu białego, z wyjątkiem (*L. albus*'Wat' x *L. mutabilis* Mut-136) oraz (*L. termis* x *L. mutabilis* XM.5) (tab. 12b). Dwa spośród trzech mieszańców, u których formą mateczną był *L. mutabilis* LM.13 charakteryzowały się krótszymi kwiatostanami w porównaniu do *L. mutabilis* LM.13, natomiast trzeci mieszańiec (*L. mutabilis* XM.5 x *L. vavilovi*) zdecydowanie przewyższył długością kwiatostanu pędu głównego formę mateczną. Niestety, nie stwierdzono istotnej, dodatniej zależności między długością kwiatostanu pędu głównego a liczbą zawiązanych strąków i indeksem

zbioru (tab. 12b). Jest to charakterystyczne dla wszystkich gatunków uprawnych łubinu. Tylko osiem genotypów zawiązywało powyżej 10 strąków na pędzie głównym (w tym trzy mieszańce), ale liczba wytworzonych kwiatów była wyższa niż liczba zawiązanych strąków, a indeks płodności oscylował na granicy 29%. Stwierdzono następującą zależność – im krótszy kwiatostan pędu głównego, tym lepszy indeks zbioru (tab. 12b, 13).

Zamieszczone w tabeli 12b współczynniki zmienności poszczególnych genotypów form rodzicielskich w odniesieniu do długości kwiatostanu pędu głównego wahały się od 8,3 do 28,6, a u mieszańców mieściły się w zakresie od 7,5 do 25,0. W przypadku liczby strąków z pędu głównego oraz indeksu płodności wartości współczynników zmienności były stosunkowo wysokie u poszczególnych genotypów, zarówno jeśli chodzi o formy rodzicielskie, jak i mieszańce, osiągając wartości od 9,5 do 58,8% oraz odpowiednio od 10,9 do 54,2%.

Analizując długość kwiatostanu pędu bocznego, stwierdzono, iż w porównaniu z pędem głównym był o 10 cm krótszy (tab. 12b, 12c). Genotypy rodzicielskie łubinu białego miały na pędach bocznych kwiatostany krótsze od *L. mutabilis*. Zakres zmienności u form rodzicielskich i mieszańców wahał się od 5,7 do 16,5 cm. Średni indeks zbioru kwiatostanu pędu bocznego był o 21% niższy w porównaniu do kwiatostanu pędu głównego (tab. 12c).

Z pojedynczego pędu bocznego najwięcej strąków zebrano z roślin *L. mutabilis* LM. 34 oraz Mut-45. Mutant ten jednocześnie należał do grupy trzech najplenniejszych genotypów, do których zaliczono *L. mutabilis* LM.34 oraz mieszańca (*L. mutabilis* LM.13 x *L. graecus* – 18), gdzie z rośliny zbierano powyżej 30 strąków. Pozostałe mieszańce zawiązywały średnio po 20 strąków na roślinie (tab. 12d).

Współczynniki zmienności długości kwiatostanu pędu bocznego przedstawione w tabeli 12c nie były wysokie – tylko w wypadku trzech genotypów rodzicielskich (*L. albus* 'WAT', *L. mutabilis* Mut-628, *L. mutabilis* LM.34) przekroczyły 30%. Jeśli chodzi o liczbę strąków z pędu bocznego oraz indeks płodności, to u ponad połowy analizowanych genotypów wystąpiły współczynniki zmienności powyżej 30%, a nawet dochodziły u mieszańca (*L. termis* x *L. mutabilis* XM-5) do 77%.

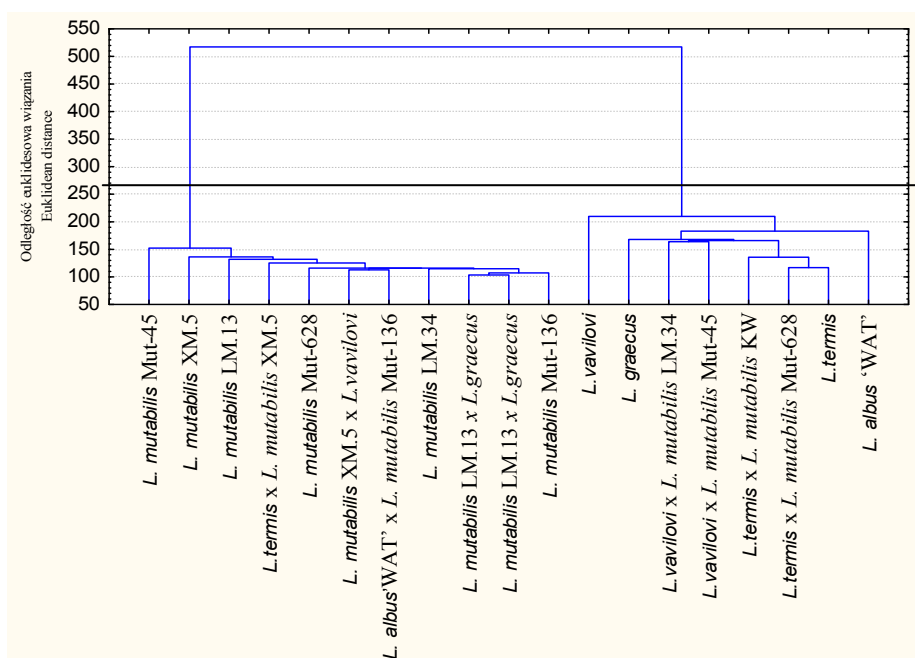
Wysoką wartością masy tysiąca nasion wyróżniły się cztery mieszańce: (*L. termis* x *L. mutabilis* Mut-628, *L. termis* x *L. mutabilis* KW, *L. vavilovi* x *L. mutabilis* Mut-45 i *L. vavilovi* x *L. mutabilis* LM.34), które zaliczono do grupy jednorodnej „a” lub „b” o masie 1000 nasion powyżej 300 g (tab. 12d). Dwa mieszańce – (*L. albus* 'WAT' x *L. mutabilis* Mut-136, *L. termis* x *L. mutabilis* XM.5) – miały nasiona drobne, tak jak forma ojcowska. Najdrobniejszymi nasionami charakteryzował się *L. mutabilis* Mut-45 (tab. 12d).

Analizując współczynniki zmienności liczby strąków z pędów bocznych oraz rośliny (tab. 12d), stwierdzono wysokie ich wartości. Liczba strąków z pędów bocznych u dwunastu genotypów oraz liczba strąków z rośliny u siedmiu genotypów charakteryzowała się współczynnikami zmienności powyżej 30%. Współczynniki zmienności masy tysiąca nasion tylko u dwóch genotypów przekroczyły 20%, a u 11 odnotowano wartości mniejsze niż 10%.

Spośród 19 analizowanych genotypów najwolniejszym tempem wzrostu charakteryzowały się mieszańce (*L. termis* x *L. mutabilis* XM.5) oraz *L. mutabilis* Mut-628 (tab. 12e). Najwcześniej siedem obiektów na pędzie głównym i pędach bocznych zawiązywało strąki po 66–70 i 77–84 dniach od daty siewu. Widać wyraźnie, że późno dojrze-

wające strąki na pędach bocznych wydłużały okres wegetacji łubinów (tab. 12e). Mieszaniec (*L. mutabilis* XM.5 x *L. vavilovi*) charakteryzował się najkrótszym okresem wegetacji – 140 dni, a *L. mutabilis* XM.5 najdłuższym – 150 dni. Stwierdzono istotną dodatnią zależność między wysokością pędu głównego a większością analizowanych cech (tab. 13). Poza tym im masa 1000 nasion, indeks płodności pędu głównego i bocznego były wyższe, tym rośliny charakteryzowały się niższym wzrostem, ograniczoną liczbą rozgałęzień I rzędu i małą liczbą zebranych strąków z pędu głównego (tab. 13).

Próbując pogrupować analizowane genotypy za pomocą analizy skupień na podstawie wartości 20 cech, wyróżniono trzy grupy materiałów (rys. 4). Na jednej gałęzi zostały zawieszony *L. graecus*, *L. termis*, *L. albus* 'Wat' oraz cztery mieszańce, których formą mateczną był *L. termis* lub *L. vavilovi* – (*L. vavilovi* x *L. mutabilis* LM.34), (*L. termis* x *L. mutabilis* KW), (*L. termis* x *L. mutabilis* Mut-628), (*L. vavilovi* x *L. mutabilis* Mut-45). Osobną grupę utworzył *L. vavilovi*. W trzeciej grupie znalazły się analizowane genotypy *L. mutabilis* oraz trzy mieszańce – (*L. mutabilis* LM.13 x *L. graecus* 18-19), (*L. mutabilis* XM.5 x *L. vavilovi*), których formą mateczną był *L. mutabilis* – XM.5 lub LM.13 oraz dwa mieszańce (*L. albus* 'WAT' x *L. mutabilis* Mut-136, *L. termis* x *L. mutabilis* XM.5), u których komponent mateczny stanowił *L. termis* lub *L. albus* 'Wat' (rys. 4).



Rys. 4. Dendrogram podobieństwa mieszańców międzygatunkowych łubinu na podstawie 20 analizowanych cech – morfologicznych, struktury plonu oraz fenologii

Fig. 4. The similarity dendrogram for the interspecific hybrids of lupin – based on the 20 analyzed traits – morphological, yield structure and phenological characters

Na podstawie dwudziestu analizowanych cech stwierdzono, że cztery mieszańce, gdzie formą mateczną była linia z grupy łubinów białych, były podobne do form matecznych, a dwa do form ojcowskich (wyk. 4). Trzy oceniane mieszańce międzygatunkowe, gdzie formą mateczną był *L. mutabilis*, a ojcowską łubin biały, były podobne do swojej formy matecznej (rys. 4).

4.4. Otrzymywanie nowych mieszańców w rodzaju *Lupinus*

4.4.1. Mieszańce wewnątrzgatunkowe *L. angustifolius*

Na podstawie wyników uzyskanych podczas obserwacji kiełkowania pyłku na znamieniu, przerastania łagiewki pyłkowej przez szyjkę słupka i docierania do zalążka, stwierdzono największą intensywność tych procesów po 24 godzinach od przepylecia w wypadku kombinacji krzyżówkowej, gdzie formą mateczną była odmiana Emir, a ojcowską ród LAE-1 oraz odmiana Graf. Odmiana Emir charakteryzowała się różowymi kwiatami, marmurkową okrywą nasienną oraz tradycyjnym typem wzrostu. Rośliny formy ojcowskiej LAE-1 charakteryzowały się kwiatami oraz okrywą nasienną koloru białego i zdeterminowanym typem wzrostu. U roślin pokolenia F_1 stwierdzono barwne nasiona, takie jak u formy matecznej, i niebieskie kwiaty. Rośliny cechował tradycyjny typ wzrostu. W pokoleniu F_2 nastąpiło rozszczepienie pod względem zarówno koloru nasion, jak i kwiatów oraz typu wzrostu (tab. 15). Rośliny drugiej formy ojcowskiej kwitły na biało, charakteryzowały się białymi nasionami oraz tradycyjnym typem wzrostu. Rośliny pierwszej generacji pod względem koloru nasion były takie same, jak forma mateczna, a kolor kwiatów ('Emir' x 'Graf') był niebieski. W pokoleniu F_2 odnotowano rozszczepienie pod względem koloru nasion oraz kwiatów (tab. 16).

Aby sprawdzić hipotezę o sposobie dziedziczenia barwy kwiatów, wykorzystano test χ^2 . Sprawdzanym modelem dziedziczenia było dziedziczenie proste 1:2:1 – typ *Zea*, jeśli chodzi o barwy kwiatów oraz 3:1 – typ *Pisum* w wypadku barwy nasion oraz typu wzrostu (tab. 15, 16).

Forma mateczna P_1 ('Emir') charakteryzowała się kwiatami o barwie różowej, a formy ojcowskie P_2 (LAE-1) oraz P_3 ('Graf') kwiatami o barwie białej. Natomiast u potomstwa F_2 zaobserwowano kwiaty o zabarwieniu zarówno białym, różowym, jak również niebieskim. Zabarwienie kwiatów u analizowanych dwóch populacji F_2 dziedziczy się w sposób prosty w typie *Zea*, o czym świadczą mniejsze wartości testu χ^2_{obl} w stosunku do tablicowego (5,99). U analizowanego pokolenia F_2 stwierdzono występowanie nasion o okrywie nasiennej marmurkowej i białej w liczebnościach wskazujących na dziedziczenie proste w typie *Pisum* (3:1) (tab. 15, 16).

Rośliny formy matecznej P_1 ('Emir') osiągnęły wysokość od 60 do 80 cm, średnio 69 cm (tab. 14). Forma ojcowska P_2 (LAE-1) była niższa od matecznej, jej wysokość wynosiła średnio 57 cm i mieściła się w zakresie od 44 do 67 cm. Druga forma ojcowska, pod względem wysokości rośliny, była zbliżona do formy matecznej 'Emir'.

Potomstwo F_2 miało znacznie większy zakres zmienności, od 61 do 120 cm, średnio 89 i 92 cm, co wskazuje na przekroczenie zakresu zmienności reprezentowanego przez

rodziców. Współczynnik zmienności wysokości roślin trzech form rodzicielskich nie przekroczył 9%, natomiast u potomstwa F_2 dochodził do 14,4%. Odziedziczalność wysokości roślin wyniosła 81% (0,81) i 74% (0,74), co świadczy o wysokim stopniu genetycznej determinacji tej cechy w analizowanym układzie trzech form rodzicielskich i dwóch pokoleń F_2 (tab. 14, 15, 16).

Średnia wysokość pędu głównego analizowanych roślin formy matecznej P_1 ('Emir') wynosiła 61,7 cm, przy minimalnej odnotowanej wartości 52,5 cm, a maksymalnej 69,0 cm (tab. 14). Rośliny formy ojcowskiej P_2 rodu (LAE-1) osiągały wysokość pędu głównego od 44 do 67 cm (średnio 56,8). Druga forma ojcowska – odmiana Graf – charakteryzowała się zbliżoną wysokością pędu głównego do rodu LAE-1. Stwierdzono znaczne poszerzenie zakresu zmienności na podstawie wartości minimum – maksimum u potomstwa F_2 dwóch analizowanych generacji, gdzie najniższe osobniki tworzyły 28-centymetrowy pęd główny, a najwyższe 94 cm. Współczynnik zmienności tej cechy u dwóch form rodzicielskich wahał się od 6,5% dla P_1 i 8,9% dla P_2 do 14,7% dla odmiany Graf, natomiast w wypadku potomstwa F_2 11,2 do 13,7%. Odziedziczalność wyliczona według wzoru Mahmüda kształtowała się na poziomie 67 i 55% u obydwu populacji. Oznacza to, że ekspresja tej cechy w znacznym stopniu jest zależna od genotypu.

Rośliny formy matecznej P_1 odmiany Emir wykształciły kwiatostany o długości od 17 do 23 cm (średnio 20,3 cm) (tab. 14). U formy ojcowskiej P_2 rodu LAE-1 zaobserwowano dużo większą zmienność, bo uzyskane wartości wahały się od 15 do 38 cm, Zakres zmienności u potomstwa F_2 uległ zwiększeniu. Zaobserwowano kwiatostan o długości od 3 do 48 cm. Najniższy współczynnik zmienności stwierdzono u odmiany Graf, natomiast u pozostałych form rodzicielskich oraz dwóch analizowanych populacji wahał się od 20 do 26%. Wartość współczynnika odziedziczalności, która wynosiła 79 oraz 70% u drugiej populacji wskazuje, że długość kwiatostanu pędu głównego jest w dużo większym stopniu zależna od genotypu niż od środowiska (tab. 14). Średnia liczba rozgałęzień pierwszego rzędu u form rodzicielskich wyniosła od 3 (ród LAE-1) do 4,5 (odmiana Graf). Potomstwo ('Emir' x 'Graf') było bardziej zróżnicowane pod względem tej cechy, a obserwowana liczba rozgałęzień pierwszego rzędu wynosiła u poszczególnych roślin od 0 do 15. Współczynnik zmienności form rodzicielskich osiągnął u P_1 38,8%, natomiast u potomstwa F_2 ('Emir' x LAE-1) był dużo wyższy i wyniósł 57%. Współczynniki odziedziczalności obliczone dla dwóch populacji (79 i 66%) wskazują na to, iż cecha ta również w znacznym stopniu jest determinowana czynnikami genetycznymi, a w dużo mniejszym stopniu podlega modyfikującym wpływom środowiska (tab. 14).

Formy mateczna P_1 ('Emir') i ojcowska 'Graf' charakteryzowały się średnią wartością masy 1000 nasion wynoszącą 130,8 g. Forma ojcowska P_2 ród (LAE-1) miała średnio mniejszą wartość tej cechy – 109 g, a zakres zmienności rozciągał się od 60,1 do 151,1 g. Rośliny P_2 w 24% mieściły się w przedziale 110–120 g. Wartości otrzymanych wyników dotyczące potomstwa ('Emir' x LAE-1) F_2 były pośrednie w odniesieniu do P_1 i P_2 , a obserwowany zakres zmienności wahał się od 74,6 do 165,0 g. Współczynnik zmienności tej cechy wyniósł w odniesieniu do P_1 16,7, P_2 22,1%, a do potomstwa F_2 19,2%. Stwierdzono bardzo niską odziedziczalność tej cechy, bo tylko na poziomie 5% w pierwszej populacji F_2 oraz 24% w drugiej, co oznacza, że masa tysiąca nasion jest w znaczącym stopniu (95 oraz 76%) determinowana czynnikami środowiska, a tylko nieznacznie zależy od genotypu (tab. 14).

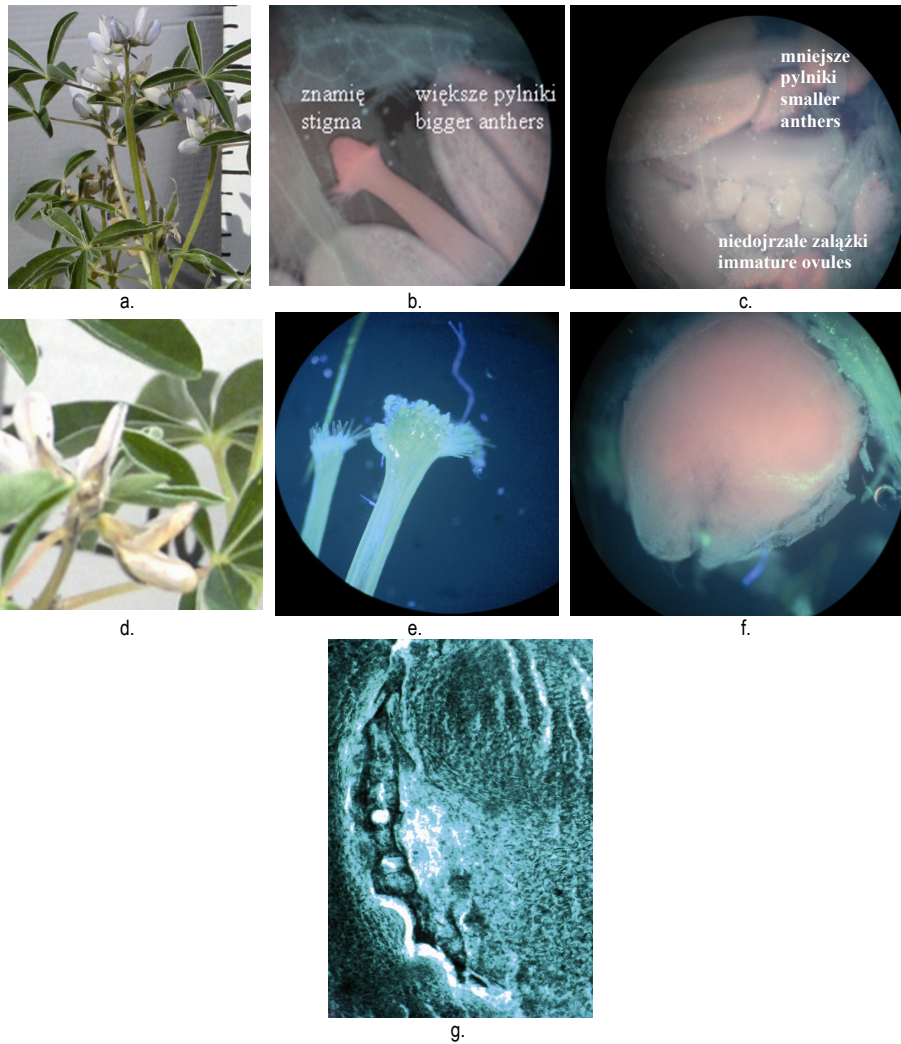
Średnia liczba strąków z pędu głównego u form rodzicielskich o tradycyjnym typie wzrostu była o połowę niższa niż u formy o zdeterminowanym typie wzrostu. Rośliny pokoleń F₂ zawiązały zdecydowanie mniej strąków, ponadto często obserwowano ich opadanie. Odziedziczalność tej cechy nie była wysoka, gdyż współczynnik odziedziczalności nie przekroczył u dwóch analizowanych potomstw 50% (tab. 14).

4.4.2. Mieszzańce międzygatunkowe łubinu – między sekcjami *Albus* i *Atlanticus*

Odnotowano najniższy procent przebiegu osadzania się pyłku, jego kiełkowania u *L. albus* oraz docierania do załączka u *L. albus* i *L. cosentinii* w momencie pobrania słupków, gdy okwiat znajdował się w pełni kwitnienia (tab. 17, fot. 2, 3). Maksymalne, stuprocentowe osadzanie się pyłku na znamieniu, jego kiełkowanie i przerastanie przez szyjkę słupka oraz docieranie do załąźni stwierdzono praktycznie u trzech analizowanych gatunków w momencie pobrania słupków, gdy okwiat był w fazie przekwitania (fot. 2, 3, 4). Na podstawie wykonanych preparatów trwałych ze słupków pobranych w okresie kwitnienia odnotowano występowanie woreczka załączkowego w stadium 8-jądrowym u *L. cosentinii* oraz *L. atlanticus*, a u *L. albus* 1–4 i 8-jądrowym. U *L. atlanticus* i *L. cosentinii* stwierdzono obecność kilkukomórkowych prozarodków w załąźni podczas analizy słupków pobranych po przekwitnięciu okwiatu, a w przypadku *L. atlanticus*, sporadycznie zaobserwowano formowanie się prozarodków w trakcie pełni kwitnienia (fot. 3, 4).

Po 24 godzinach od zapylenia największą intensywność osadzania się pyłku, jego kiełkowania i docierania do załączka stwierdzono w układzie krzyżowań, gdzie formą mateczną był *L. atlanticus*, a ojcowską *L. albus* (100%) oraz *L. albus* 'Butan' x *L. atlanticus* i *L. albus* 'Butan' x *L. cosentinii* (do 50%). Efektem był rozwój prozarodków widocznych na preparatach wykonanych po trzech, siedmiu i 25 dniach od przepylecia (fot. 5, 6, 11). Jednakże następowała ich degeneracja, gdyż z tych kombinacji krzyżówkowych nie zebrano nasion (tab. 18). Również po 24 godzinach od pierwszego przepylecia odnotowano efektywnie przebiegające procesy zapylenia i zapłodnienia u *L. atlanticus* x *L. cosentinii*, a wydajność procesu krzyżowania wyniosła 11% (tab. 18). Nasiona były normalnie rozwinięte (fot. 10). Rośliny, które z nich wyrosły, charakteryzowały się dużymi rozmiarami – 70–90 cm, kwitły bardzo obficie, ale zawiązane strąki osiągnęły wielkość 2–3 cm, a nasiona nie były normalnie wykształcone.

W układzie krzyżowania, gdzie formą mateczną był *L. cosentinii*, maksymalne osadzanie się pyłku, jego kiełkowanie na znamieniu oraz przerastanie szyjki słupka zaobserwowano po 72 oraz 168 godzinach od przepylecia. W przypadku skrzyżowania *L. cosentinii* x *L. atlanticus* oraz *L. cosentinii* x *L. albus* 'Butan' ziarna pyłku obserwowano w 90–94% analizowanych znamion, powyżej 50% kiełkowały, a łagiewki pyłkowe przerastały szyjkę słupka powyżej 20% (tab. 18, fot. 7, 8, 9). Natomiast docieranie do załąźni i jej przerastanie zaobserwowano w tych dwóch kombinacjach krzyżówkowych od 5 do 20% obserwowanych słupków (tab. 18). Efektywność zawiązywania dojrzałych, ale bezbielmowych nasion u *L. cosentinii* x *L. albus* 'Butan' wyniosła 2% (tab. 18, fot. 7). W przypadku *L. cosentinii* x *L. atlanticus* stwierdzono 8% wydajność zawiązywania nasion (tab. 18, fot. 9), które w warunkach polowych nie skiełkowały.

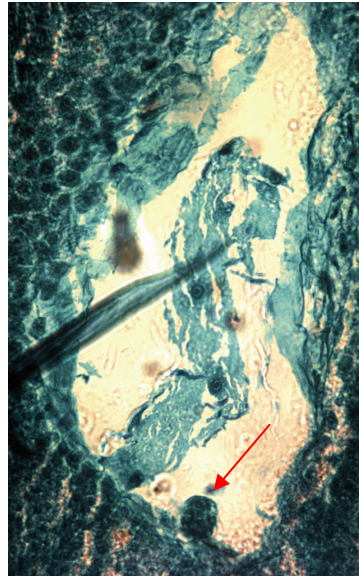


- a. kwiatostany w trakcie pełni kwitnienia – inflorescens during full flowering;
 b. znamię słupka bez osadzonych ziaren pyłku oraz większe pylniki dorastające do znamienia – stigma without pollen grains and bigger anthers reaching stigma;
 c. niedojrzałe zalążki i mniejsze pylniki – immature ovules and smaller anthers;
 d. przekwitający kwiatostan – wilting inflorescens;
 e. kielkujący pyłek na znamieniu, przerastający przez szyjkę słupka – pollen grains germinating on stigma and growth through style;
 f. łagiewki pyłkowe przerastające zalążek – pollen tubes reached ovules;
 g. woreczek zalążkowy w trakcie przekwitania okwiatu – the embryo sac during wilting flowers.

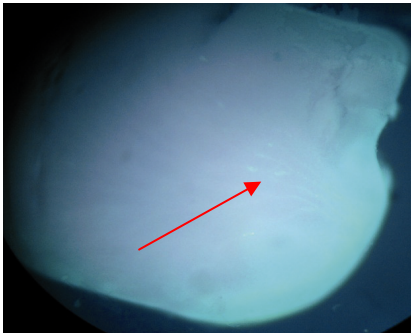
Fot. 2. Zachowanie się pyłku podczas samozapylenia u *L. albus* 'Butan' w zależności od stadium rozwojowego kwiatu
 Phot. 2. Pollen grains behavior during self-pollination process in full flowering and wilting of flowers for *L. albus* cv. Butan



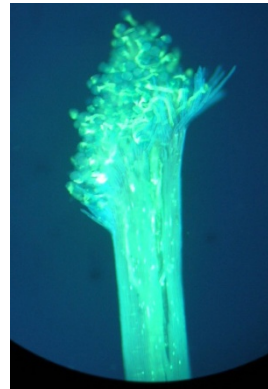
a.



b.



c.



d.

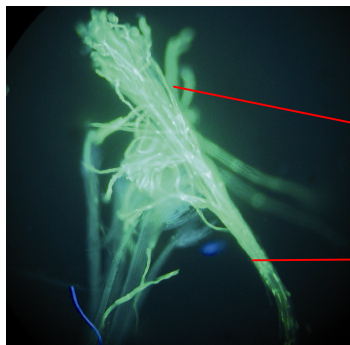
- a. zmiana zabarwienia okwiatu po osadzeniu się pyłku na znamieniu słupka – change colour of flowers after settled pollen grain on sigma;
 b. prozarodek – przekwitający okwiat – proembryo – wilting flowers;
 c. łagiewki pyłkowe przerastające zalążek w okresie pełni kwitnienia – pollen tubes reaching ovule in full flowering time;
 d. łagiewki pyłkowe przerastające zalążek w okresie pełni kwitnienia – pollen tubes reaching ovule in full flowering time.

Fot. 3. Zachowanie się pyłku podczas samozapylenia oraz formowanie prozarodków na wczesnym etapie embriogenezy u *L. cosentinii*

Phot. 3. Pollen grains behavior during self-pollination process and proembryos development on early stage of embryogenesis for *L. cosentinii*



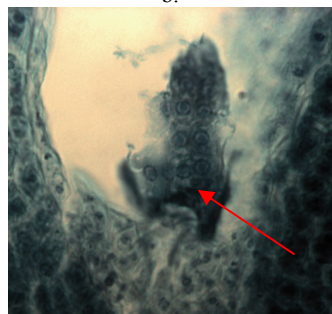
a.



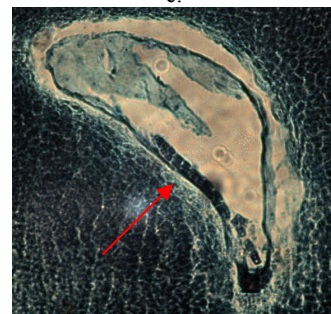
b.



c.



d.

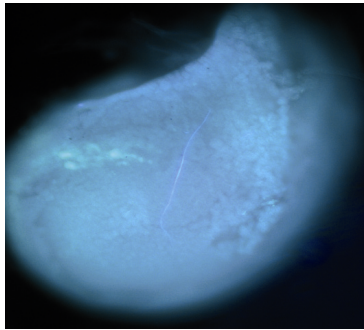


e.

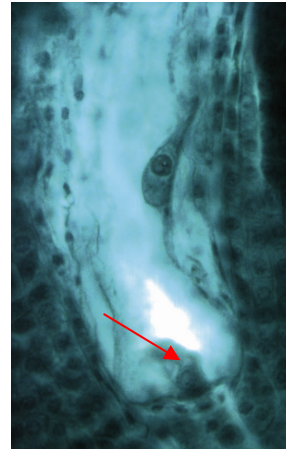
- a. szczytowa część kwiatostanu pędu bocznego w pełni kwitnienia – full flowering of lateral branch;
 b, c. łagiewki pyłkowe przerastające szyjkę słupka w pełni kwitnienia – pollen tubes growth through style during full flowering;
 d, e. woreczek zalążkowy z rozwijającym się prozarodkiem – przekwitający okwiat – the embryo sac with development proembryo – wilting flowers.

Fot. 4. Zachowanie się pyłku podczas samozapylenia oraz formowanie prozarodków na wczesnym etapie embriogenezy u *L. atlanticus*

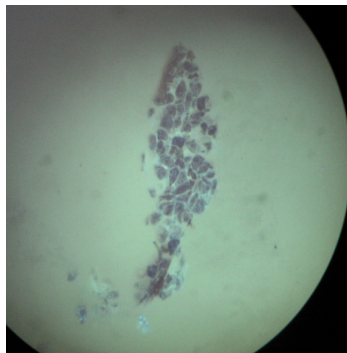
Phot. 4. Pollen grains behavior and proembryo forming during self-pollination process on early step of embryogenesis of *L. atlanticus*



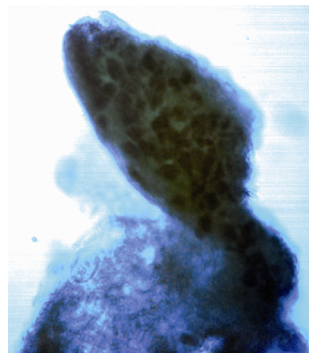
a.



b.



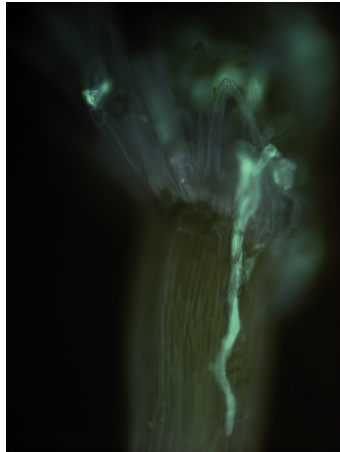
c.



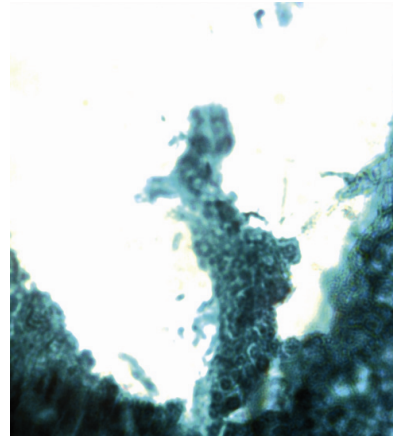
d.

a. łagiewki pyłkowe docierające do zalążka – pollen tubes reaching ovules;
b. prozarodek i woreczek zalążkowy – 3 dni po zapyleniu – proembryo and ovule – 3 days after pollination;
c, d. prozarodek 7 dni po zapyleniu – an embryo – 7 days after pollination.

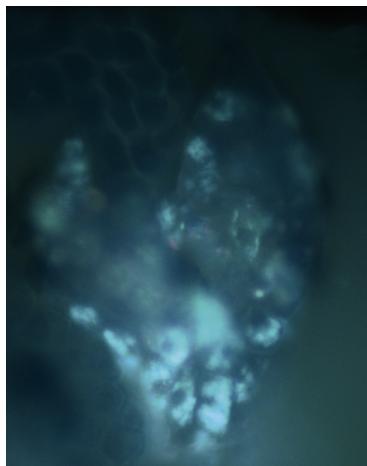
Fot. 5. Rozwój zarodka *L. albus* 'Butan' x *L. cosentinii* po 3 i 7 dniach od przepyleńia
Phot. 5. Embryo development *L. albus* 'Butan' x *L. cosentinii* – 3 and 7 days after pollination



a.



b.



c.



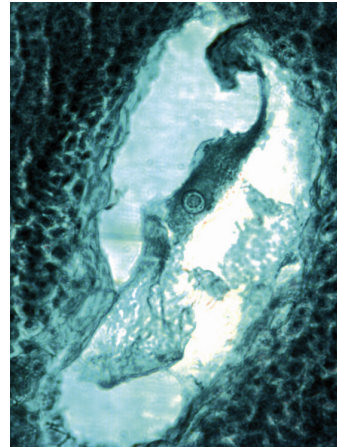
d.

- a. łagiewka pyłkowa przerastająca szyjkę słupka – pollen tube growth through the style;
 b. rozwój zarodka po 168 h od przepylecia – proembryo development after pollination –168 h;
 c. zarodek w stadium sercowatym po 25 dniach od przepylecia – an embryo at the heart stage 25 days after pollination;
 d. młody strąk na roślinie matecznej – 2 tygodnie po zapyleciu – young pod on mother plant 2 weeks after pollination.

Fot. 6. Rozwój zarodka po przepyleciu *L. albus* 'Butan' x *L. atlanticus*
 Phot. 6. Embryo development after pollination for *L. albus* 'Butan' x *L. atlanticus*



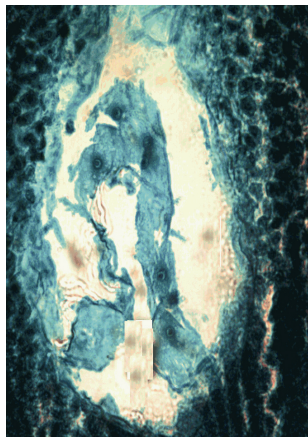
a.



b.



c.



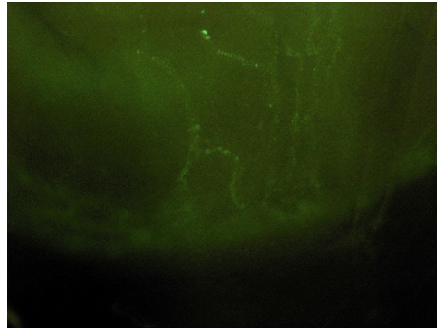
d.



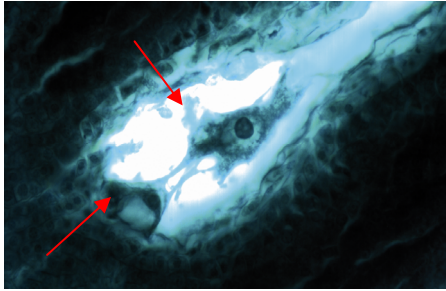
e.

- a. przerastanie łagiewek pyłkowych do zalążka – pollen tubes reaching ovule;
 b. degenerujący woreczek zalążkowy 72 h po zapyleniu – degenerating sac ovule 72 h after pollination;
 c. młody strąk na roślinie matecznej – 2 tygodnie po zapyleniu – young pod 2 weeks after pollination on mother plant;
 d. 8-jądrowy woreczek zalążkowy 72 h po zapyleniu – 8th nuclei sac ovule – 72 h after pollination;
 e. nasiono mieszańcowe – hybrid seed.

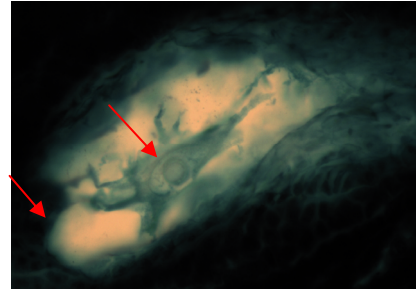
Fot. 7. Rozwój zarodka po przepyleniu *L. cosentinii* x *L. albus* 'Butan'
 Phot. 7. Embryo development after pollination *L. cosentinii* x *L. albus* 'Butan'



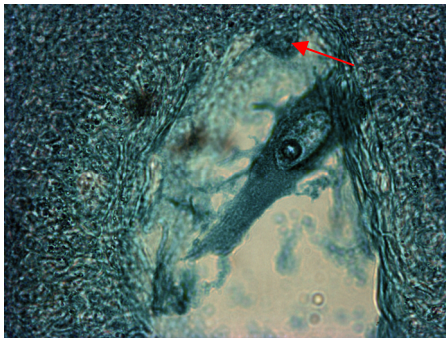
a.



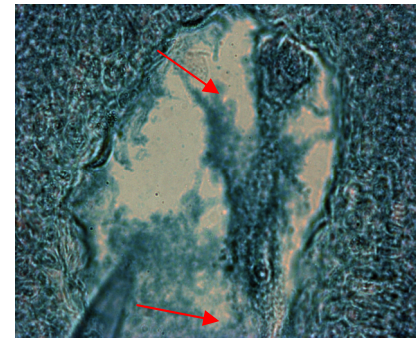
b.



c.



d.



e.

a. lagiewki pyłkowe osiagające zalążek – pollen tubes reaching ovules;
b, c, d, e. powstawanie zarodków po 24 h po przepyleniu – forming embryos 24 h after pollination.

Fot. 8. Rozwój zarodka *L. cosentinii* x *L. atlanticus*
Phot. 8. Embryo development for *L. cosentinii* x *L. atlanticus*



a.



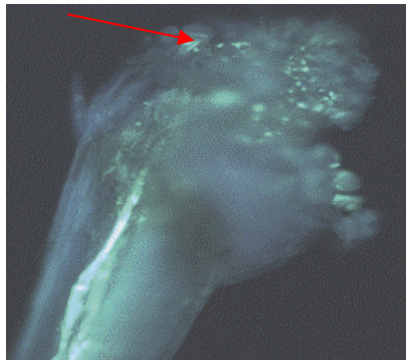
b.



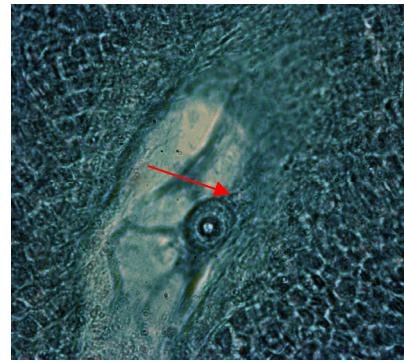
c.

a. strąki na roślinie matecznej – 4 tygodnie po zapyleniu – pods on the mother plant – 4 weeks after pollination;
b, c. nasiona mieszańcowe – hybrid seeds.

Fot. 9. Zawiązywanie nasion u *L. cosentinii* x *L. atlanticus*
Phot. 9. Forming seeds of *L. cosentinii* x *L. atlanticus*



a.



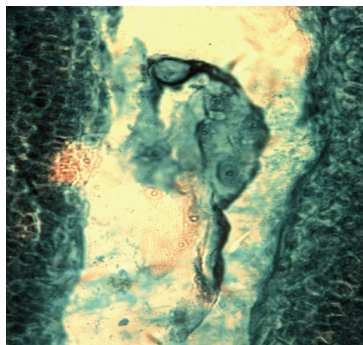
b.



c.



d.



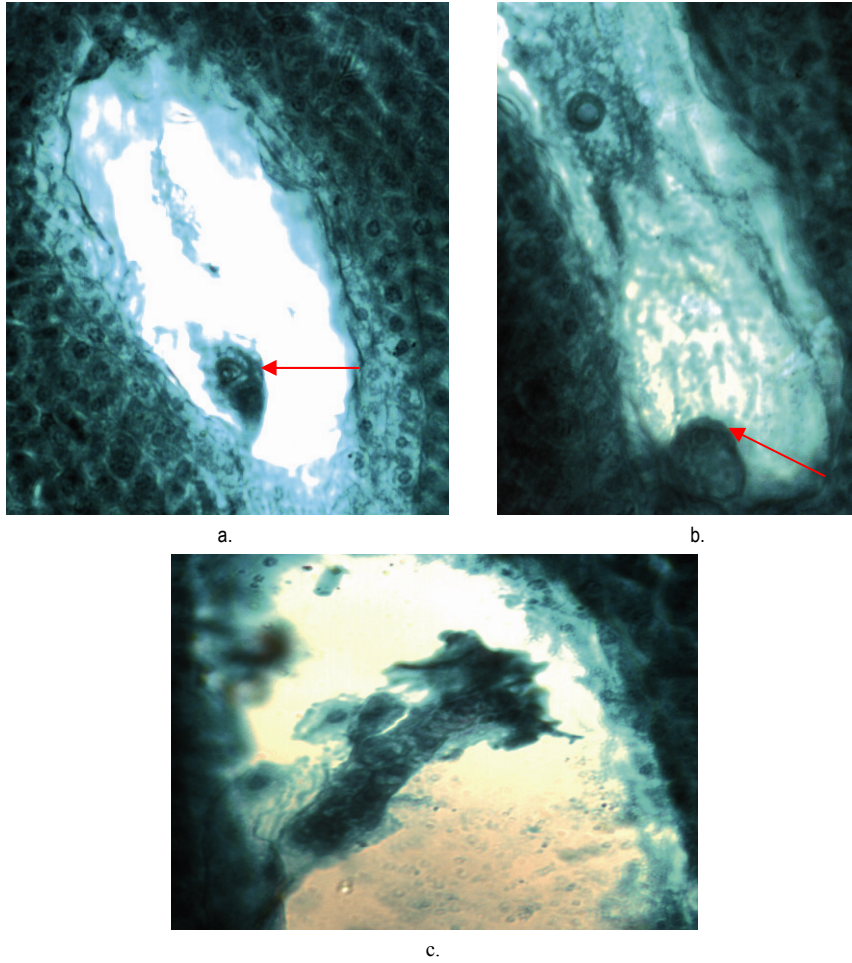
e.



f.

- a. kielkujący pyłek na znamieniu 24 h po przepyleniu – pollen grains germinating on stigma 24 h after pollination;
 b. woreczek zalążkowy – 24 h po przepyleniu – sac embryo – 24 h after pollination;
 c, d. łagiewki pyłkowe przerastające do zalążka – pollen tubes reaching ovule;
 e. rozwój zarodka po 7 dniach od przekrzyżowania – developing embryo 7 days after pollination;
 f. nasiona mieszańcowe – hybrid seeds.

Fot. 10. Przebieg zapylenia i rozwoju prozarodków u *L. atlanticus* x *L. cosentinii*
 Phot. 10. Pollination process and development proembryos for *L. atlanticus* x *L. cosentinii*



a, b. prozarodki po 24 h od przepylecia – proembryos 24 h after pollination;
c. prozarodki po 72 h od przepylecia – proembryos 72 h after pollination.

Fot. 11. Rozwój prozarodków po przepyleciu *L. atlanticus* x *L. albus* 'Butan'
Phot. 11. Development of proembryos after pollination *L. atlanticus* x *L. albus* 'Butan'

5. DYSKUSJA

5.1. Charakterystyka zmienności przedstawicieli dzikich gatunków łubinu pod względem cech morfologicznych, struktury plonu oraz faz fenologicznych w warunkach Dolnego Śląska na tle form uprawnych

Zainteresowanie wykorzystaniem dzikich gatunków łubinu do poszerzenia zmienności genetycznej w tym rodzaju sięga lat 60. – podejmowano próby krzyżowania oddalonego i hodowli mutacyjnej. Obecnie prace prowadzone są głównie w Australii oraz w Niemczech i dotyczą udomowienia lub przeniesienia istotnych cech (tolerancję na pH, zasolenie, suszę, dobrą plenność) do form uprawnych z takich gatunków jak *L. cosentinii*, *L. atlanticus*, *L. pilosus*, *L. princei* [Buirchell 1994, 1999, Buirchell i Cowling 1992, Clements i in. 1996, Carstairs i in. 1992, Heisteringer i Pistrick 2007, Sonntag i in. 2005]. Większość z tych gatunków charakteryzuje się dużymi, a nawet bardzo dużymi nasionami, np. *L. pilosus*, o czym świadczy wysoka wartość masy tysiąca nasion – powyżej 500 g [Gladstones 1984, Galek i Sawicka-Sienkiewicz 2004]. Gatunek *L. pilosus* odznacza się potencjalnie wysokim plonem nasion, aczkolwiek znaczną część masy stanowi gruba okrywa nasienna [Buirchell 1999, Planchuelo i Perrisé 2006, Michalczyk i in. 2006]. Gatunek *L. atlanticus* wyróżnia się korzystnym indeksem płodności i posiada znaczny potencjał plonowania. Łubiny szorstkonasienne zawierają 38% (*L. cosentinii*, *L. princei*), 37% (*L. digitatus*), 33% (*L. palaestinus*), 29% (*L. atlanticus*), 26% (*L. pilosus*) białka w suchej masie. Średnia zawartość oleju waha się od 4–5%. Zawartość włókna jest zróżnicowana i wynosi od 24 (*L. princei*) do 32–34% (*L. cosentinii*, *L. digitatus*, *L. palaestinus*) bądź 42% (*L. atlanticus*, *L. pilosus*) [Buirchell i Cowling 1992]. Takie gatunki jak: *L. cosentinii*, *L. atlanticus*, *L. pilosus* czy *L. princei* podlegały silnej naturalnej selekcji faworyzującej odporność na suszę w rejonie północnej Afryki podczas ewolucji rodzaju *Lupinus*, przez co są interesujące w aspekcie przeniesienia ich właściwości do materiałów hodowlanych. Jednakże z uwagi na brak lub występowanie niewielkiej zmienności w tego typu materiałach kolekcyjnych pod względem takich cech jak: budowa okrywy nasiennej (gruba okrywa), pękanie strąków, wysoka zawartość alkaloidów, zastosowano różne czynniki mutagenne, aby ją zwiększyć [Buirchell i Cowling 1992, 2000, Cowling i in. 1998, Buirchell 1994]. Na drodze hodowli mutacyjnej uzyskano u *L. pilosus* i *L. atlanticus* linie niskoalkaloidowe, poniżej 0,05%. Prace australijskich hodowców zastały uwieńczone sukcesem w postaci „słodkiej” odmiany ‘Erregulla-S’, wyprowadzonej z dzikiego genotypu *L. cosentinii* na drodze indukowania mutacji.

W Australii uzyskane mutanty *L. pilosus* o niskiej zawartości alkaloidów charakteryzowały się ponadto niepekającymi strąkami i miękką okrywą nasienną. Niektóre linie plonowały nawet do 4 t/ha [Buirchell 1999]. *L. pilosus* jest uprawiany do tej pory we Włoszech jako substytut kawy, podobnie jak dawniej inne gatunki łubinu z tego regionu [Heisteringer i Pistrick 2007].

Niskoalkaloidowe odmiany łubinu mają przede wszystkim znaczenie przy wykorzystaniu nasion w diecie ludzkiej i w żywieniu zwierząt bez konieczności odgoryczania. Natomiast wysokoalkaloidowe, nasienne odmiany mogą być uprawiane do produkcji naturalnych preparatów plonotwórczych i ochrony roślin [Gulewicz i in. 1997]. Alkaloidy łubinowe mają właściwości owadobójcze i odstrasżające, a także farmakologiczne [Bobkiewicz i in. 1994].

Dane literaturowe dotyczące charakterystyki dzikich gatunków w kolekcjach pod względem ważnych rolniczo właściwości, w tym składu chemicznego nasion można znaleźć przede wszystkim w pracach australijskich [Cowling 1998, Buirchell i Cowling 2000, Cowling i Buirchell 1998, Buirchell i in. 1993]. W Polsce prace nad możliwością wykorzystania i adaptacji łubinów szorstkonasiennych nie są zaawansowane.

Łubiny charakteryzują się szerokimi zdolnościami adaptacyjnymi do różnych warunków środowiska, wykazują znaczną tolerancję w stosunku do zakwaszenia podłoża, ilości opadów czy zasiedlania terenów o różnej wysokości nad poziomem morza. Znośszą one zarówno gleby alkaiczne, jak i o odczynie kwaśnym. Spektrum zmienności w obrębie jednego gatunku jest dość znaczne, np. *L. pilosus* toleruje odczyn gleby od 5,5 do 8,7 pH, występuje na terenach od 3 do 1100 m n.p.m z opadami od 350 do 2000 mm. Szerokim spektrum tolerancji pod względem odczynu podłoża odznacza się także *L. angustifolius* (4,2–9,0) [Buirchell i Cowling 1992].

W latach 2000–2001 wysiano na poletkach Katedry Genetyki, Hodowli Roślin i Nasiennictwa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, zachowując izolacje w trakcie kwitnienia, dwadzieścia trzy genotypy łubinu (otrzymane z Washington State University oraz SHR Wiatrowo), reprezentujące takie gatunki jak: *L. hispanicus subsp. hispanicus* oraz *subsp. bicolor*, *L. pilosus*, *L. palaestinus*, *L. cosentinii*, *L. atlanticus*, *L. elegans*, *L. perennis* oraz *L. albicaulis*. Po wstępnej ocenie [Galek i Sawicka-Sienkiewicz 2001] i rozmnożeniu materiałów przeprowadzono charakterystykę ośmiu linii na tle trzech odmian *L. angustifolius* oraz jednej *L. albus* [Galek i Sawicka-Sienkiewicz 2004]. Uzyskane wstępne wyniki [Galek i Sawicka-Sienkiewicz 2001, 2004] pozwoliły na wytypowanie genotypów dojrzewających w warunkach Dolnego Śląska. Po ich rozmnożeniu oraz selekcji posłużyły one do założenia doświadczeń i przeprowadzenia oceny pod względem wybranych cech morfologicznych i plonotwórczych, takich gatunków jak: *L. hispanicus subsp. hispanicus*, *L. pilosus*, *L. palaestinus*, *L. cosentinii*, *L. atlanticus* oraz gatunków uprawnych – *L. angustifolius*, *L. albus*, *L. mutabilis* w latach 2003–2005 poza izolacją, w warunkach swobodnego przepylecia.

Po pierwszej ocenie badanych obiektów przeprowadzonej w roku 2000, stwierdzono różnicowanie pod względem faz fenologicznych dzikich gatunków w warunkach Dolnego Śląska [Galek i Sawicka-Sienkiewicz 2001]. Najszybciej z ocenianych materiałów dojrzałość zniwną osiągnęły analizowane formy z sekcji Luteus – *L. hispanicus subsp. bicolor* – 118 dni oraz *Atlanticus* – 139 dni. Selekcja przeprowadzona w latach 2001–2002 przyniosła oczekiwane wyniki w postaci genotypów *L. atlanticus*, które charakte-

ryzowały się okresem wegetacji w zakresie 118–119 dni (tab. 6e), a zatem tylko o kilka dni dłuższym w porównaniu do uprawnego gatunku *L. angustifolius*. W stosunku do roku 2001 okres wegetacji w latach 2003–2005 był o 3 tygodnie krótszy. Podobnie pozytywne efekty selekcji w kierunku krótszego okresu wegetacji stwierdzono u *L. cosentinii* (o dwa tygodnie), *L. pilosus* (dwa i pół tygodnia) oraz *L. palaestinus* (jeden tydzień) (tab. 6e) [Galek i Sawicka-Sienkiewicz 2001].

Na skutek przeprowadzonej syntezy wyników uzyskanych w latach 2003–2005 do materiałów kolekcyjnych odnotowano najwyższe rośliny u *L. mutabilis*, a następnie u *L. palaestinus*, *L. pilosus*, *L. cosentinii*, a najniższe u *L. albus* i *L. atlanticus*, analogicznie jak w latach 2000–2001 [Galek i Sawicka-Sienkiewicz 2004]. U większości badanych gatunków pędy główne były zawsze niższe od całej rośliny, a u *L. atlanticus* prawie równe odgałęzieniom bocznym (tab. 6a). Cowling i in. [1998] podają, że dzikie i uprawne gatunki z rodzaju *Lupinus* odznaczają się szerokim zakresem zmienności pod względem wysokości roślin, w zależności od środowiska, w jakim rosną. Szczególnie dużą zmiennością charakteryzował się *L. angustifolius*, którego rośliny miały średnią wysokość 85 cm, a amplituda wahań wynosiła od kilku do 180 cm. Rośliny *L. albus* mieściły się w przedziale 40–200 cm (średnio 124 cm), *L. atlanticus* 25–125 cm (średnio 67 cm), *L. pilosus* 40–140 cm (średnio 82), *L. cosentinii* 30–170 cm (średnio 96 cm), *L. palaestinus* 25–75 cm (średnio 61 cm). W warunkach Dolnego Śląska rośliny gatunków dzikich i uprawnych mieściły się przeważnie w środkowych zakresach, jeśli chodzi o wysokość roślin.

Uzyskane wyniki, po wstępnej charakterystyce przeprowadzonej w warunkach izolacji kwiatostanów w okresie kwitnienia, ujmującej syntezę z dwóch lat 2001 i 2002 dotyczącą oceny form kolekcyjnych łubinów pod względem wybranych cech struktury plonu, pokazały istotne zróżnicowanie analizowanych gatunków [Galek i Sawicka-Sienkiewicz 2004]. Najlepszym indeksem płodności odznaczały się populacje z sekcji *Atlanticus* (70%), następnie odmiany Graf i Emir *L. angustifolius* (64%) oraz przedstawiciele *L. albus* oraz *L. palaestinus* (43, 38,5%). Pozostałe formy zawiązały strąki od 22 do 34% w stosunku do liczby wykształconych kwiatów w kwiatostanie. Rośliny populacji należących do sekcji *Atlanticus* zawiązywały najwięcej strąków na pędzie głównym – od 8 do 11. Największą liczbę odgałęzień pierwszego rzędu wytworzyły rośliny *L. hispanicus subsp. hispanicus* – 8 sztuk oraz odmiany uprawne *L. angustifolius* – 5–6 sztuk. W pozostałych materiałach nie stwierdzono zróżnicowania pod względem tej cechy, a liczba bocznych rozgałęzień wynosiła 3, 4 sztuki. Najwyższą masą tysiąca nasion wyróżniły się genotypy *L. pilosus* – od 403 do 794 g, *L. palaestinus* 583 g, a badane obiekty z sekcji *Atlanticus* charakteryzowały się masą tysiąca nasion od 198 do 296 g. Trzy analizowane obiekty *L. cosentinii* charakteryzowały się masą 1000 nasion w zakresie od 190,2 do 279,9 g [Galek i Sawicka-Sienkiewicz 2004].

Wyniki syntezy doświadczeń przeprowadzonych poza izolacją nie odbiegały od wyników z lat 2000–2001 pod względem kolejnych analizowanych właściwości. Istotną cechą, która potwierdziła się nie tylko w warunkach Dolnego Śląska, był korzystny indeks płodności u *L. atlanticus* i *L. cosentinii* (51–70%) [Buirchell i Cowling 1992, Galek i Sawicka-Sienkiewicz 2004]. Pozostałe analizowane genotypy, w tym gładkonasienne *L. angustifolius*, *L. albus*, *L. mutabilis* oraz szorstkonasienne *L. palaestinus* i *L. pilosus* charakteryzowały się niższym indeksem płodności – od 31,2 do 44,3% (tab. 6b). Najwięcej strąków z pędu głównego również odnotowano w odniesieniu do sekcji

Atlanticus, a także Mutabili oraz Pilosus (od 12,2 do 17,6). Podobnie jak w poprzednich latach 2000 i 2001 sekcja Atlanticus zawierała genotypy najslabiej się rozgałęziające (2,3 sztuki), a gatunek *L. hispanicus subsp. hispanicus* tworzył powyżej sześciu rozgałęzień. Rośliny gatunków uprawnych tworzyły od 3,1 (*L. albus*) do 5,4 (*L. angustifolius*) rozgałęzień pierwszego rzędu (tab. 6a). Podobnie jak we wcześniejszych zestawieniach wyników [Galek i Sawicka-Sienkiewicz 2004] najwyższą masą tysiąca nasion w latach 2003–2005 wyróżniały się gatunki *L. pilosus* (546 g) i *L. palaestinus* (333 g). Masa tysiąca nasion trzech obiektów badawczych z sekcji Atlanticus mieściła się między 216,3 a 254,1 g, a w wypadku *L. cosentinii* od 188,4 do 276,9 g (tab. 6d). W latach 2003–2005 masa tysiąca nasion była niższa niż w okresie 2000–2001. Cecha ta jest w znacznym stopniu zależna od czynników środowiska i obserwujemy bardzo duże wahania w wartościach w zależności od roku badań. U gatunków uprawnych masa tysiąca nasion wynosi: u łubinu białego 240–290 g, łubinu żółtego 120–140 g, łubinu wąskolistnego 100–130 g [Jasińska i Kotecki 1999]. Otrzymane wyniki odnośnie do masy tysiąca nasion gatunków dzikich, w porównaniu z gatunkami uprawnymi, znacznie różniły się, szczególnie w sekcji Pilosus, gdzie odnotowano wyższe wartości niż u łubinu białego, natomiast analizowane gatunki *L. atlanticus* i *L. cosentinii* były zbliżone pod względem tej cechy do łubinu białego (tab. 6d). Podobne wyniki dotyczący masy tysiąca nasion zaobserwowano w warunkach zachodniej Australii, gdzie wartość tej cechy wahała się od 216 do 730 g u *L. pilosus*, *L. atlanticus* 199–470 g, u *L. cosentinii* 58–227 g, u *L. palaestinus* 190–265g, oraz u *L. hispanicus* 38–134 g [Buirchell i Cowling 1988], co potwierdza dużą zmienność gatunkową.

Synteza doświadczeń obejmująca ocenę materiałów kolekcyjnych, przeprowadzona w trzyletnich badaniach (2003–2005), potwierdziła korzystne właściwości *L. atlanticus* oraz *L. cosentinii* pod względem indeksu płodności. Ponadto okres wegetacji był niewiele dłuższy od *L. angustifolius*, co szczególnie czyni te gatunki ciekawymi do dalszego wykorzystania w procesie udomowienia. Na podstawie przeprowadzonych analiz wyselekcjonowano interesujące linie do programu krzyżowań, których celem jest ocena możliwości uzyskiwania mieszańców międzygatunkowych z łubinem białym cv. 'Butan', o ile nie wytworzyły się między nimi bariery uniemożliwiające otrzymanie mieszańców.

5.2. Charakterystyka zmienności mieszańców wewnątrzgatunkowych *L. mutabilis* pod względem cech morfologicznych, struktury plonu oraz faz fenologicznych w warunkach Dolnego Śląska

L. mutabilis charakteryzuje się okazałymi, wysokimi roślinami w porównaniu do pozostałych uprawnych gatunków łubinu [Galek i Sawicka-Sienkiewicz 2004]. Ponadto tworzy liczne boczne rozgałęzienia pierwszego, a nawet trzeciego rzędu, co utrudnia jednoczesne dojrzewanie strąków i wykonanie jednoetapowego zbioru. Niemniej jednak dzięki temu tworzy znaczne ilości zielonej masy, co może mieć znaczenie przy kierunku użytkowania na zielonkę w przypadku form niskoalkaloidowych.

Przeprowadzona przez Augiewicz w 2000 i 2001 roku w doświadczeniu prowadzonym pod siatką w warunkach izolacji w okresie kwitnienia [Augiewicz 2002] szczegółowa charakterystyka zmienności pod względem wybranych cech morfologicznych oraz struktury plonu form rodzicielskich i mieszańców wewnątrzgatunkowych pokoleń F_2 i F_3 , F_3 i F_4 sygnalizowała możliwość selekcji form o pożądanym właściwościach, na co wskazywały wysokie wartości współczynników zmienności i znaczne rozpiętości wyników (min-max). Przeprowadzona synteza doświadczeń (2003–2005) wskazała, iż wyselekcjonowane rośliny form rodzicielskich i mieszańców okazały się niższe niż w latach 2000 i 2001, średnio o 35%. Biorąc pod uwagę liczbę bocznych rozgałęzień wyselekcjonowano z mieszańca (XM.5 x KW F_3 i F_4), (LM.13 x KW F_3) genotyp o ograniczonej liczbie rozgałęzień, od 2,5 do 3,2. Natomiast z mieszańca (Mut-220 x KW) wyselekcjonowana forma miała średnio 3,6 rozgałęzień bocznych. Liczba rozgałęzień, bocznych u kolejnego mieszańca (LM.34 x Mut-45) została zachowana na wyjściowym poziomie z lat 2000 i 2001 – powyżej 4. Uzyskana liczba strąków w doświadczeniu Augiewicz u form rodzicielskich w roku 2001 wyniosła średnio 19,6, a u mieszańców 17,3 [Augiewicz 2002]. W doświadczeniach 2003–2005 formy rodzicielskie wytworzyły średnio o 45% strąków więcej z rośliny, a mieszańce o 43%. Ponadto przeprowadzona systematycznie selekcja spowodowała poprawienie plenności u form rodzicielskich, które zawiązywały na roślinie różną liczbą strąków – od 25 u XM.5 do 34 u LM.34, Mut-220 i Mut-45 (tab. 6f). Wyniki te wskazują na wyraźne poprawienie plenności tych genotypów w wyniku selekcji przeprowadzonej w latach 2000–2003 w porównaniu do obserwacji z roku 1999, gdzie liczba zebranych strąków z rośliny u form rodzicielskich nie przekraczała 13 [Kadłubiec i in. 2001].

Średnia masa 1000 nasion uzyskana w latach 2003–2005 (tab. 6f) nie odbiegała od wartości z lat 2000 i 2001 odnoszących się do form wyjściowych, natomiast u mieszańców, w wyniku selekcji, odnotowano znaczne zmniejszenie tej wartości (LM.34 x Mut-45) – o 25%, a u wyselekcjonowanych mieszańców (LM.13 x KW) oraz (Mut-160 x KW) ocenianych w latach 2003–2005 stwierdzono podwyższenie wartości masy 1000 nasion w porównaniu do materiału przed selekcją średnio o 34 i 11%.

Do skuteczności selekcji przyczyniło się wybranie najbardziej obiecujących populacji kolekcyjnych [Caligari i in. 2000] oraz uzyskanie interesujących mutantów po naświetlaniu nasion promieniowaniem γ [Sawicka 1993]. Krzyżowanie i ocena uzyskanych rekombinantów oraz skuteczna selekcja przyniosły poprawienie plonowania w ocenianej kolekcji mieszańców wewnątrzgatunkowych oraz form rodzicielskich *L. mutabilis*.

5.3. Charakterystyka zmienności mieszańców międzygatunkowych *L. albus* sensu lato i *L. mutabilis* pod względem cech morfologicznych, struktury plonu oraz faz fenologicznych w warunkach Dolnego Śląska

Zwiększanie zmienności genetycznej łubinu andyjskiego na drodze indukowania mutantów jest niewystarczające do jego aklimatyzacji w warunkach klimatu umiarkowanego, dlatego zostały podjęte próby krzyżowania z łubinem białym. Dotychczasowe próby uzyskania mieszańców między gatunkami pochodzącymi z rejonów Starego i Nowego Świata nie były uwieńczone sukcesem.

L. mutabilis, jedyny uprawny gatunek z Ameryki Południowej, wykazuje podobieństwo do obu grup gatunków – zarówno północnoamerykańskich, jak i gatunków Starego Świata, a zwłaszcza *L. albus* (rys. 1) [Kazimierski i Nowacki 1961, Käss i Wink 1997, Ainouche i Bayer 1999, Wink i in. 1999, Merino i in. 2000, Naganowska i in. 2003, Eastwood i Hughes 2008, Eastwood i in. 2008]. Pierwsze próby otrzymania mieszańców pomiędzy dwoma uprawnymi gatunkami z różnych rejonów świata podjęto w latach osiemdziesiątych. *Lupinus albus* var. *albus* odmiana Hetman była krzyżowana z wybranymi roślinami trzech populacji *L. mutabilis*. W wyniku tych prac otrzymano strąki i pierwsze nasiona [Sawicka-Sienkiewicz i Galek 2006]. Inspiracją tych badań była praca Williamsa i in. [1980] związana z przerastaniem łagiewek pyłkowych *L. mutabilis* przez słupki *L. albus*, *L. angustifolius* oraz *L. luteus*.

W latach 1995–1996 udało się uzyskać nasiona z niektórych kombinacji krzyżówkowych *L. albus* (*sensu lato*) x *L. mutabilis* [Brejda i Sawicka-Sienkiewicz 1997, Sawicka-Sienkiewicz i Brejda 1999]. Otrzymano również mieszańce wewnątrzgatunkowe *L. mutabilis* z wyselekcjonowanych wcześniej mutantów i materiałów kolekcyjnych, które wybrano na formy rodzicielskie. Rośliny mieszańcowego pochodzenia rozmnażano, stosując izolację w okresie kwitnienia i oceniano przez szereg kolejnych pokoleń pod względem właściwości morfologicznych, cytologicznych oraz zróżnicowania genetycznego na podstawie zawartości DNA i wybranych markerów molekularnych zastosowanych dla DNA genomowego i mitochondrialnego [Rurek i in. 2001, Kalińska i in. 2001, Zoga i in. 2008]. Ich cytogenetyczna analiza wykonana na pokoleniach F_2 i F_4 została przedstawiona we wcześniejszych opracowaniach [Sawicka-Sienkiewicz i Augiewicz 2004]. Liczbę chromosomów oceniano w metafazie komórek merystematycznych korzenia. Okazało się, że u *Lupinus mutabilis* pod względem wielkości chromosomy wahają się od 1 do 3.5 μm , zaś u *L. albus* były mniejsze – od 1 do 1.5 μm . *L. mutabilis* posiada $2n = 48$, a *L. albus* $2n = 50$. Natomiast u mieszańców (w pokoleniach F_4 – F_5) liczba chromosomów wyniosła $2n = 48$, co oznacza eliminację chromosomów podczas stabilizacji linii. Badając częstotliwość różnych układów chromosomów u mieszańców międzygatunkowych podczas mejozy, stwierdzono pojawienie się biwalentów, triwalentów i uniwalentów, podczas gdy u *L. mutabilis* – XM.5 i LM.13 w mejotycznych komórkach występowało regularne formowanie 24 biwalentów. W komórkach macierzystych ziaren pyłku u mieszańca [*L. albus* var. *graecus* (syn. *L. termis*) x *L. mutabilis* (XM. 5)] wyróżniono 20 biwalentów i 8 uniwalentów. Natomiast u *L. mutabilis*

(LM. 13) × *L. albus* var. *graecus* (*L. graecus*) obserwowano pojawienie się 22 biwalentów, 1 triwalenta i 1 uniwalenta. Przewaga biwalentów u mieszańców może świadczyć o znacznym podobieństwie genomów *L. albus* sensu lato i *Lupinus mutabilis* [Sawicka-Sienkiewicz i Augiewicz 2004].

Większość analizowanych mieszańców (sześć) wykazywała podobieństwo do form matecznych, a dwa do form ojcowskich (rys. 4). Biorąc jednak pod uwagę niektóre badane cechy (np. wysokość całej rośliny, wysokość pędu głównego, długość kwiatostanu pędu głównego, indeks zbioru), mieszańce różniły się istotnie od obu form rodzicielskich (tab. 12c, 12d, 12e). Wcześniejsza ocena części mieszańców pokolenia F₃ F₄ przeprowadzona w 2000 i 2001 roku przez Augiewicz i in. [2001] wykazała, że takie mieszańce jak: (*L. termis* × *L. mutabilis* Mut-45), (*L. termis* × *L. mutabilis* LM.13), (*L. vavilovi* × Mut-45), (*L. mutabilis* XM.5 × *L. vavilovi*), (*L. mutabilis* LM.13 × *L. graecus*) były podobne pod względem wysokości całej rośliny i pędu głównego, liczby bocznych rozgałęzień oraz masy tysiąca nasion do form matecznych, ale jednocześnie różniły się od nich pod względem innych cech, podobnie jak miało to miejsce w latach 2003–2005. Mieszańiec (*L. termis* × *L. mutabilis* XM.5) oraz (*L. albus* 'Wat' × *L. mutabilis* Mut-136) w doświadczeniu Augiewicz i in. [2001] wykazywał podobieństwo do formy ojcowskiej analogicznie jak w kolejnych latach badań, co świadczy o stabilności genetycznej tych form. Jak widać na podstawie przeprowadzonych badań mieszańce zazwyczaj wykazywały większe podobieństwo w stosunku do jednego z rodziców, a nie były, jak oczekiwano, pośrednie, co potwierdzają dane uzyskane po ocenie ilości DNA zawartej w komórkach somatycznych. Formy rodzicielskie są zróżnicowane pod względem ilości DNA [Sawicka-Sienkiewicz i in. 2005] – *L. albus* ma w komórkach somatycznych średnio 1,1 pg 2C, a *L. mutabilis* 1,8. pg 2C. Dwa mieszańce, gdzie formą mateczną był *L. albus* (*L. albus* Wat × *L. mutabilis* Mut-136) oraz jeden, gdzie formę ojcowską stanowił *L. mutabilis* (*L. mutabilis* XM.5 × *L. vavilovi*) charakteryzowały się zawartością DNA na poziomie 1,84–1,87 pg. U pozostałych analizowanych mieszańców, gdzie genotypy mateczne należały do *L. albus*, poziom DNA wahał się od 1,114 do 1,127 pg 2C. Brak pośredniego charakteru mieszańców wykazują również analizy molekularne wykonane z zastosowaniem markerów RAPD (Polimorfizm losowo amplifikowanych fragmentów DNA – Random Amplified Polymorphic DNA) czy STS (Sequence Tagged Site – miejsce znaczone sekwencyjnie) i ISSR (Inter-Simple Sequence Repeat). Mieszańce najczęściej posiadają markery charakterystyczne dla jednego z rodziców oraz pojawiają się fragmenty DNA właściwe tylko dla nich, co może świadczyć o rearanżacjach genomowych [Sawicka-Sienkiewicz i in. 2005, Sawicka-Sienkiewicz i in. 2008, Zoga i in. 2008]. Również prace nad wykorzystaniem metod FISH, a zwłaszcza GISH są obecnie opracowywane dla genomu *Lupinus*, co prawdopodobnie pozwoli w przyszłości na jednoznaczny identyfikację mieszańców i zrozumienie relacji między genomami u mieszańców międzygatunkowych [Naganowska 2001, Naganowska i Ładoń 2000, Naganowska i Zielińska 2002, Naganowska i in. 2003].

Obserwacje podobieństwa do jednej formy rodzicielskiej pod względem cech morfologicznych, zawartości DNA i liczby chromosomów zostały już wcześniej opisane u różnych mieszańców łubinu [Kazimierski 1963, Roy i Gladstones 1988, Naganowska

i Ładoń 2000, Kalińska i in. 2001, Obermayer i in. 2004]. Mieszańce oceniane pod względem zabarwienia kwiatostanów wykazują najczęściej pośredni charakter [Sawicka-Sienkiewicz i Galek 2006].

Międzygatunkowe krzyżowanie i otrzymanie mieszańców oddalonych w rodzaju *Lupinus* jest interesującym, ale niełatwym procesem z teoretycznego i praktycznego punktu widzenia. Próby takiego krzyżowania są ciągle podejmowane [Święcicki i in. 1999, Sonntag i in. 2005, Clements i in. 2008, Wilson i in. 2008]. Znane są dawno otrzymane ustabilizowane mieszańce – *L. x Russel* (przypuszczalnie w wyniku skrzyżowania *L. polyphyllus* x *L. arboreus*), *L. x hispanicoluteus* (*L. hispanicus* x *L. luteus*), co daje realną szansę na wykorzystanie krzyżowania oddalonego w praktyce hodowlanej, zwłaszcza przy rozwijających się równolegle metodach opartych na kulturach *in vitro* – embryo rescue w rodzaju *Lupinus* [Przyborowski i in. 1996, Przyborowski 2003, Sonntag i in. 2005, Clements i in. 2008]. Ocena mieszańców międzygatunkowych pod względem 20 cech, dokonana na podstawie trzyletniego cyklu doświadczeń przeprowadzonych w polu bez izolacji w latach 2003–2005, wykazała znaczną zmienność badanych materiałów (tab. 12a–12e). Mieszańce wykazywały niejednokrotnie odmienną ekspresję pod względem analizowanych właściwości w porównaniu do genotypów rodzicielskich, ale generalnie były podobniejsze do jednej z form rodzicielskich. Mieszańce stanowią interesujący materiał do dalszych badań cytogenetycznych, molekularnych, a jednocześnie niektóre z nich mogą być przydatne w pracach hodowlanych nad udomowieniem *L. mutabilis*. W Australii – CLIMA prowadzone są również prace nad udomowieniem *L. mutabilis* z wykorzystaniem odległego krzyżowania na drodze introgresji genów z *L. luteus* – uzyskano mieszańca (*L. mutabilis* x *L. luteus*) [Clements i in. 2008].

5.4. Otrzymywanie nowych mieszańców w rodzaju *Lupinus*

5.4.1. Mieszańce wewnątrzgatunkowe *L. angustifolius*

Otrzymywanie mieszańców w rodzaju *Lupinus*, nie tylko między gatunkami, ale i w obrębie jednego gatunku, nie jest procesem wydajnym, a jego efektywność jest w znacznym stopniu uzależniona od doboru komponentów rodzicielskich. W celu uzyskania kilku nasion mieszańcowych należy usunąć pylniki, a następnie przepylić pyłkiem wybranej formy ojcowskiej od 20 do 100 kwiatów na kombinację. Stąd też pozyskanie odpowiedniej ilości materiału do analiz genetycznych nie jest tak łatwe, jak np. u zbóż. Rodzaj *Lupinus* nie jest wystarczająco dobrze poznany od strony genetycznej, aczkolwiek w ostatnich latach obserwuje się zdecydowany rozwój prac genetyczno-hodowlanych [Wolko i in. 2005, Nelson i in. 2006, Boersma i in. 2005, 2007a, 2007b, 2007c, Książkiewicz i in. 2008, Nelson i in. 2008]. Łubin wąskolistny był uprawiany już w starożytnej Grecji i Rzymie w celu pozyskania żywności. Hodowla łubinu wąskolistnego rozpoczęła się dopiero w połowie XX wieku w Niemczech. Kluczowe geny związane z procesem udomowienia, odpowiedzialne za: niską zawartość alkaloidów – *iucundis* (*iuc*), przepuszczalną okrywę nasienną dla wody – *mollis* (*moll*), biały kolor

kwiatów – *leucospermum (leuc)*, konieczność wernalizacji *Ku*, geny *tardus (ta)* i *lentus (le)* ograniczające pękanie strąków, zostały wprowadzone w wyniku procesu hodowlanego do współczesnych odmian [Święcicki, 1984, 1986, Mikołajczyk i in. 1984, Bromberek i in. 1984, Micke i Święcicki 1988, Święcicki i Święcicki 1995, Adhikari i in. 2001, Clements i Atkins 2001, Yang i in. 2004, Boersma i in. 2005, Boersma i in. 2007, Nelson i in. 2008].

Celem aktualnych programów hodowlanych jest podniesienie plonowania, zawartości białka, lepsze przystosowanie do środowiska i zwiększenie odporności na szkodniki oraz choroby, zwłaszcza antraknozę, która jest obecnie chorobą najbardziej dewastującą uprawy łubinu. W Australii zlokalizowano dwa markery molekularne nadające się do bezpośredniego wykorzystania w hodowli do selekcji genotypów odpornych na antraknozę wśród australijskich linii hodowlanych [Yang i in. 2004, Nelson i in. 2008]. Pierwsze mapowanie genomu łubinu wąskolistnego zostało podjęte także w Polsce [Wolko i Weeden 1994, Kruszka i Wolko 1999] i jest sukcesywnie rozwijane [Wolko i in. 2005, Chudy i in. 2008, Książkiewicz i in. 2008].

Badania stopnia odziedziczalności i identyfikacji genów odpowiedzialnych za ważne cechy z punktu widzenia hodowli i wykorzystania łubinu wąskolistnego koncentrują się na odporności na choroby, zwłaszcza na antraknozę – gen *Lanr1* został zmapowany [Yang i in. 2004, Nelson i in. 2008]. Inne ważne rolniczo cechy jak: zawartość alkaloidów, grubość okrywy nasiennej, tempo wzrostu, termoneutralność, wczesność kwitnienia, niepęknięcia strąków, opadania kwiatów czy strąków, a także zabarwienie nasion, kwiatów, łodyg, liści, wielkość nasion i szybki wzrost (*ret*) znajdują się obecnie w centrum uwagi wielu badaczy [Mikołajczyk 1966, Forbes i Wells 1968, Święcicki i Święcicki 1995, Clements i Atkins 2001, Oram 2002, Kurlovich i Stankewitch 2002, Kuptsov i in. 2004, Boersma i in. 2005, Wolko i in. 2005, Clements 2006, Nelson i in. 2006, Boersma i in. 2007, Phan i in. 2007]. Wyraźny wzrost zainteresowania badaniami genetycznymi, w tym mapowaniem genów w odniesieniu do istotnych, agronomicznych cech, obserwuje się w ostatnich latach w Australii, gdzie łubin wąskolistny ma znaczny udział w zasiewach – 0,6 mln ha rocznie (FAOSTAT). Prowadzone badania opierają się głównie na populacjach pokolenia F_2 oraz wyprowadzonych liniach pokolenia F_8 . Od 3 do 7 markerów molekularnych zostało zlokalizowane w odległości 5 cm od każdego z ważniejszych genów odpowiedzialnych za cechy związane z procesem udomowienia. Jeśli chodzi o odporność na antraknozę, udało się zidentyfikować markery z nią sprzężone, które mają praktyczne znaczenie w selekcji w hodowli twórczej [Nelson i in. 2006, Boersma i in. 2007, Phan i in. 2007].

Tradycyjne odmiany łubinu charakteryzują się nieograniczonym typem wzrostu i rozwoju. Warunki środowiska mogą przyczynić się do wydłużenia okresu wegetacji, co w takich latach w naszych warunkach klimatycznych utrudnia zbiór. Nowo powstające pędy kwitną, a tworzące się strąki nie mają możliwości dojrzeć. Znalezienie mutantów z cechą zdeterminowanego wzrostu (samokończenia) przyczyniło się do znacznego postępu hodowlanego w uzyskiwaniu odmian równomiernie dojrzewających. W wypadku genu warunkującego zmieniony typ wzrostu i rozwoju obserwowano pojawianie się alleli spontanicznych lub indukowanych, które znaleziono u 4 gatunków łubinu w latach 1967–1994: łubin żółty – Troll 1967, łubin biały – Micke i Święcicki [1988], łubin andyjski – Römer [1994]. W odniesieniu do łubinu wąskolistnego 6 niezależnych

przypadków mutacji ograniczających rozgałęzienia zostało zidentyfikowanych w Australii, Białorusi, Polsce i USA:

- mutant znaleziony przez Forbesa (USA, PI 21277) – niecałkowicie dominujący,
- indukowany mutant (EMS) w Australii – gen recesywny,
- 2 spontaniczne mutanty znalezione przez farmerów w Australii – allel recesywny i dominujący,
- mutant opisany przez Bromberek i in. [1984] – gen recesywny (proponowany symbol genu *mut I*),
- mutant znaleziony przez Kupcova i opisany przez Kurlovicha (1986) [Święcicki i Święcicki 1995].

Wskazuje to na obecność 3 różnych genów i można oczekiwać, iż sposób ich dziedziczenia może być różny u różnych potomstw.

Mutanty zostały wprowadzone do programów hodowlanych w celu określenia modelu dziedziczenia, identyfikacji loci oraz prześledzenia zmienności tej cechy w zależności od podłoża genetycznego. Stwierdzono monogeniczny, recesywny model dziedziczenia dla ograniczenia typu wzrostu – 3:1.

Gawłowska i in. [1999] wytypowali do krzyżowań odmiany o zróżnicowanych typach wzrostu: tradycyjnym typem wzrostu charakteryzowały się odmiany Polonez i Mirela, częściowym ograniczeniem rozgałęzień bocznych, krótszych od pędu głównego – Bar, ‘Ernani’ oraz wyselekcjonowany mutant przez Kupcova, z silnie ograniczonym rozwojem pędów bocznych z węzłów – Sonet. Stwierdzono, że normalny typ wzrostu jest determinowany dominującym genem, proponując dla niego symbol „*Rb*”, natomiast silne ograniczenie wytwarzania pędów, charakterystyczne dla ‘Sonet’ genem recesywnym „*rb*”. Podobnie recesywny charakter ma allel „*rb^h*” warunkujący częściowe ograniczenie rozgałęzień – właściwe dla odmian Bar i Ernani. Zredukowana liczba bocznych rozgałęzień z różnym poziomem ekspresji tej cechy wskazuje, że jest ona kontrolowana przez recesywne allele w tym samym locus, co zostało również potwierdzone przez zespoły z Australii [Adhikari i in. 2001, Oram 2002]. W przedstawionych wynikach badań w pokoleniu F₂ były obserwowane rośliny z silnym ograniczeniem pędów bocznych (w stosunku liczbowym 1:3), z których wyprowadzono linie dalszych pokoleń wykorzystywane do otrzymania nowych odmian (fot.12). Uzyskane mieszańce prezentowane w niniejszej pracy posłużyły do wyprowadzenia populacji na bazie polskich materiałów, które będą wykorzystane do prac genetyczno-hodowlanych, w tym do mapowania.

U łubinu wąskolistnego występują cztery podstawowe barwy kwiatów: niebieska, różowa, fioletowa oraz biała [Kurlovich i Stankevich 2002]. Niebieski kolor jest dominujący i charakterystyczny dla dzikich form łubinu. Biały kolor kwiatu jest uwarunkowany genem oznaczonym symbolem *leuc* [Kurlovich i Stankevich 2002]. Rośliny z różowymi kwiatami zostały po raz pierwszy opisane na początku XX. wieku [Kurlovich i Stankevich 2002]. Barwa niebieska była obserwowana w pierwszej generacji mieszańców [Kurlovich i Stankevich 2002] po skrzyżowaniu form rodzicielskich o zróżnicowanych kolorach kwiatów, co potwierdziło się w analizowanym pokoleniu F₂ (‘Emir’ x LA-E-1) oraz (‘Emir’ x ‘Graf’) prezentowanej pracy (tab. 15 i tab. 16). W F₂ odnotowano segregację osobników o kolorach kwiatów właściwych dla rodziców oraz o niebieskich,



Fot. 12. Wyselekcjonowane linie pokolenia F₃ i F₄ – ('Emir' x LAE-1), charakteryzujące się zróżnicowanym typem wzrostu, wczesnością dojrzwania, kolorem kwiatów
Phot. 12. Selected lines F₃₋₄ generation – ('Emir' x LAE-1) characterized by different type of growth, earlynes and flower colour

a uzyskane stosunki rozszczepień świadczą o monogenicznym charakterze tej cechy przy tym doborze komponentów rodzicielskich. Kolor kwiatów może też być wynikiem współdziałania różnych alleli genów [Kurlovich i Stankevich 2002]. Wyróżniamy również niebieskoszare kolory kwiatów (*scoer*), biało-niebieskie (*salb*), jasnoniebieskie (*dis*, *dip*), intensywnie niebieskie (*Sup*), biało-żółte kwiaty oraz beżowe nasiona (*as*), białe kwiaty i białe nasiona (*alb*),

Kolor okrywy nasiennej łubinu odznacza się dużym polimorfizmem. Nasiona prymitywnych populacji z rejonu śródziemnomorskiego charakteryzują się trójkolorową okrywą nasienną o różnych kombinacjach szarości, beżu oraz żółci, aż do białego koloru. Opisano szereg genów determinujących tą cechę (*griseus* – różne odcienie szarości, *leuc* – biały kolor nasion z jasnobrązowym znaczkem, *albus* – białe nasiona bez znaczka i bez wpływu na kolor liści, *niveus* – białe nasiona bez znaczka z wpływem na kolor liści i łodygi, *ferrugineus* – białe nasiona z rudą plamką i trójkątem ponad hilium), w tym plejotropowych (antocyjanowe zabarwienie liści jest przyczyną silnej koncentracji ciemnoszarego zabarwienia nasion) odgrywających istotną rolę w ekspresji cechy [Święcicki i Święcicki 1995]. Kolor zabarwienia okrywy nasiennej według Taranukho [1980] i Kurlovich [1991] może być kontrolowany przez grupę genów polimerycznych, gdzie liczba alleli dominujących determinuje intensywność zabarwienia [Kurlovich i Stankevich 2002]. Pogląd ten potwierdzają również wyniki uzyskane przy krzyżowaniach różnych genotypów łubinu przez Galek (dane niepublikowane). U *Soja hispida* stwierdzono, iż intensywność zabarwienia nasion jest ściśle związana z allelami wielokrotnymi [Malinowski 1958].

W analizowanym pokoleniu F₂ ('Emir' x LAE-1) oraz ('Emir' x 'Graf') wystąpiły tylko dwa typy nasion – trójkolorowe, charakterystyczne dla jednej z form rodzicielskich – 'Emir' oraz białe, właściwe dwóm kolejnym komponentom, co wskazuje na monogeniczny, recesywny sposób dziedziczenia białego zabarwienia okrywy nasion (tab. 15,16). Nasiona bez znaczka przy zarodku zostały opisane przez Roemera [Kurlovich i Stankevich 2002].

5.4.2. Mieszanie międzygatunkowe między sekcjami *Albus* i *Atlanticus*

Z uwagi na szereg korzystnych właściwości dzikie gatunki łubinu mogłyby być wykorzystane w hodowli nowych odmian uprawnych pod warunkiem przełamania barier krzyżowalności międzygatunkowej. Mogą też znaleźć zastosowanie jako rośliny alternatywne na terenach zdegradowanych. Dużo prac poświęcono krzyżowaniu w obrębie grupy *Scabrispermae* – szorstkonasiennych gatunków Starego Świata, odznaczających się zróżnicowaną liczbą chromosomów ($2n = 42$, $2n = 38$, $2n = 36$ i $2n = 32$) (tab. 1). Roy i Gladstones [1985, 1988] badali możliwości otrzymania mieszańców między gatunkami należącymi do sekcji *Pilosus* i *Atlanticus*. W 1982 roku w szklarni skrzyżowano *L. atlanticus* x *L. cosentinii*, otrzymując 5–55 nasion, w zależności od użytej linii do krzyżowania. W przypadku *L. atlanticus* wykorzystano naturalne populacje pochodzące z Maroko oraz mutanty uzyskane z tych linii, a z gatunku *L. cosentinii* użyto do krzyżowań odmianę cv. 'Erregulla'. W pokoleniu F₁ stwierdzono opadanie strąków. Z 14 wykonanych kombinacji krzyżówkowych tylko 4 dały nasiona pokolenia F₂. Wykonano krzyżowanie wsteczne, co potwierdziło, iż w niektórych przypadkach przywrócono

plodność – 82E 13-1(F₂)/*L. cosentinii* Erregulla, uzyskując 8 nasion Bc₁F₂, ale dla BC₁F₃ – brak nasion. W niektórych układach krzyżowań wstecznych uzyskano 1–8 nasion [Roy i Gladstones 1985]. Autorzy stwierdzili, że możliwe jest skrzyżowanie *Lupinus atlanticus* x *L. cosentinii* oraz *L. pilosus* x *L. atlanticus* (1–10 nasion), *L. pilosus* x *L. cosentinii* (1 nasiono), *L. cosentinii* x *L. digitatus* (3–12 nasion), a także *L. atlanticus* x *L. digitatus* (2 nasiona). W wyniku przekrzyżowania *L. atlanticus* x *L. cosentinii* otrzymano dwie linie: 82E75 i 82E30. Uzyskane rośliny wydały nawet nasiona w czwartym pokoleniu, ale potem zamarały zarówno w warunkach polowych, jak i szklarniowych. Rośliny pokolenia F₂ przekrzyżowano wstecznie. Najlepsze efekty w przywróceniu płodności uzyskano, wykorzystując jako formy ojcowskie linie mutantu niskokaloidowego lub dzikiej formy *L. atlanticus*. Uzyskano sporą liczbę nasion, bo od 44 do 167 dla BC₁F₃. Następnie w dalszych pokoleniach zaobserwowano pojawiające się segreganty o cechach uważanych za świadczące o udomowieniu (białe kwiaty i miękkie nasiona, niska zawartość alkaloidów), jak i typowych cechach gatunku. W następnych latach 1986–1987 ciągle następowała segregacja pod względem płodności nasion, a cechy „udomowienia” były stabilne [Roy i Gladstones 1985, 1988].

Zaobserwowano, że gatunki *L. cosentinii* (cv. Erregulla) i *L. digitatus* krzyżują się łatwo w obydwu kierunkach, dając 3–12 nasion. Rośliny F₁ wykazywały charakterystyczny wigor mieszańców z przewagą cech *L. digitatus*. Chociaż rośliny F₁, F₂ i BC₁F₁ były mniej lub bardziej płodne – dawały kilka nasion w szklarni, to w polu odznaczały się całkowitą sterylnością. Natomiast tylko jedna kombinacja z przekrzyżowania *L. atlanticus* (Wild)/*L. digitatus* była udana i otrzymano dwa nasiona F₁. Dwie rośliny F₁ rosły w szklarni i wykazując podobieństwo do typu *L. atlanticus*, były sterylne [Roy i Gladstones 1985, 1988].

Po skrzyżowaniu roślin *L. pilosus* (typ dziki) z *L. atlanticus* (mutant o przepuszczalnych dla wody nasionach) otrzymano 1–10 nasion z 27 przepylonych kwiatów. Rośliny pokolenia F₁ były szczególnie żywotne, gdy rosły w szklarni. Charakteryzowały się pośrednim typem cech w stosunku do rodziców – miały duże niebieskie kwiaty jak u *L. pilosus*, ale wytwarzały mało pyłku. Nie uzyskano żywotnych nasion w wyniku krzyżowania wstecznego. Również w przypadku skrzyżowania *L. pilosus* z *L. cosentinii* uzyskano pojedyncze nasiona, które po skielkowaniu dały rośliny o słabym wigorze. Oceniając kolejne pokolenia mieszańców, autorzy doszli do wniosku, że pomiędzy gatunkami tych dwóch sekcji, pomimo znacznych ograniczeń, istnieje możliwość introgresji genów [Buirchell 1994].

Krzyżowanie odległych gatunków wymaga poznania biologii ich zapylenia i zapłodnienia, co jest istotne z uwagi na często występujące bariery krzyżowalności. Jednym z rodzajów barier stosunkowo łatwych do przezwyciężenia są bariery izolacyjne – oddalenie geograficzne i niezgodność terminów kwitnienia. Trudniejszymi do przełamania są bariery związane z procesem zapylenia (prezygotyczne) oraz zapłodnienia, a także rozwojem zarodka (postzygotyczne). Wyniki szczegółowych obserwacji kiełkowania pyłku i wzrostu łagiewek pyłkowych *in vivo* przy krzyżowaniu międzygatunkowym w obrębie rodzaju *Lupinus* opisał do tej pory niewielu badaczy [Jaranowski 1962, Williams i in. 1980, Faluy i Williams 1981, Przyborowski i in. 1996, Przyborowski 2003]. Jaranowski prowadził badania cytoembriologiczne nad procesami zapłodnienia i rozwoju zarodków w rodzaju *Lupinus* w następstwie autogamii oraz wzajemno-

przemiennego krzyżowania między *Lupinus albus*, *L. angustifolius* i *L. luteus*. Williams i in. [1980], na podstawie obserwacji kiełkowania i wzrostu łagiewki pyłkowej, oceniali zgodność krzyżówkową między gatunkami europejskimi a łubinem andyjskim. Badania nad zgodnością krzyżówkową [Faluyi i Williams 1981] doprowadziły do odkrycia samoniezdgodności i niezgodności krzyżówkowej w krzyżowaniach wewnątrz- i międzyodmianowych *L. albus*. Przebieg kiełkowania pyłku i wzrost łagiewek pyłkowych badano również w celu identyfikacji barier krzyżowalności między *L. luteus* i *L. hartwegii* oraz między *L. mutabilis* i *L. hartwegii* [Buschmann-Lock i in. 1992] oraz *L. albus* i *L. angustifolius*, *L. mutabilis* i *L. angustifolius*, *L. albus* i *L. mutabilis* [Przyborowski i in. 1996, Przyborowski 2003].

W podjętych badaniach określono możliwości skrzyżowania wybranych trzech gatunków: *L. atlanticus*, *L. cosentinii* oraz *L. albus*. Stwierdzono brak barier prezygotycznych, o czym świadczą wyniki zawarte w tabeli 18, związane z efektywnym osadzeniem się pyłku na znamieniu, jego kiełkowaniu oraz docieraniu do załączka. Przeprowadzone badania potwierdziły możliwość uzyskania nasion mieszańcowych po skrzyżowaniu *L. cosentinii* z *L. albus*, które jednak nie są normalnie wykształcone (fot.7), *L. cosentinii* z *L. atlanticus* – nasiona są zdecydowanie mniejsze niż formy rodzicielskie, wyraźnie płaskie (fot. 9), nie kiełkują w warunkach polowych. W przypadku układu krzyżowań *L. atlanticus* x *L. cosentinii* (fot. 10, tab. 18) otrzymano normalnie wykształcone nasiona (fot.10), z których wyrosły rośliny charakteryzujące się znaczną bujnością. Rośliny osiągały wysokość 120 cm, były silnie rozgałęzione, obficie kwitły, ale zawiązane strąki miały wielkość 2–3 cm i zawierały niewielkie, źle wykształcone nasiona wielkości 0,3–0,4 cm. W pozostałych przypadkach stwierdzono występowanie bardzo silnych barier postzygotycznych, uniemożliwiających rozwój prozarodków w bardzo wczesnych etapach embriogenezy. Zatem bariery postzygotyczne mogą wystąpić nie tylko we wczesnych etapach rozwoju zarodka F₁, ale i w dalszych pokoleniach, co było obserwowane w prezentowanej pracy, a hodowcy australijscy na roślinach pokolenia F₁ wykonywali wsteczne krzyżowania, aczkolwiek nie zawsze z dobrym skutkiem pod względem zachowania płodności otrzymanych mieszańców [Roy i Gladstones 1985, 1988].

Sam proces embriogenezy u łubinu w początkowym jego okresie jest nietypowy i trudno dokonać klasyfikacji w konkretnym systemie embriogenezy, co jest związane z asynchronicznymi podziałami zarodka [Jaranowski 1962, Davies i Williams 1985]. Zasadniczo odpowiada typowi Caryophyllad, odmianie Medicago. Jaranowski stwierdził [1962], iż w warunkach szklarniowych u *L. albus* zapłodnienie następuje po 20–24 godzinach. Davies i Williams [1985] badali przebieg powstawania zarodków również u *L. mutabilis*, u którego przebieg embriogenezy zarodka był szybszy niż u *L. albus*. Przy krzyżowaniach istotnym elementem technicznym jest właściwy moment dokonania zapylenia. W przeprowadzonych krzyżowaniach pyłek наносzono dwukrotnie w odstępie dwudniowym od momentu usunięcia pylników. Natomiast gdy formą mateczną był *L. albus*, czas zapylenia często wydłużano do 4 dni. U gatunku tego stwierdzono, że znamie słupka i załączki osiągają dojrzałość wolniej (fot. 2) niż *L. atlanticus* (fot. 4) czy *L. cosentinii* (fot. 3), co potwierdzają obserwacje naturalnego procesu zapylenia przedstawione w tabeli 17. U *L. albus* w trakcie pełni kwitnienia obserwowano słabsze osadzenie się pyłku na znamieniu, jego kiełkowanie i docieranie do załączka, niż

w momencie przekwitającego okwiatu (tab. 17). Mniejsze pylniki pełnią prawdopodobnie funkcję dodatkowego źródła pyłku przy zapyleniu u tego samopylnego gatunku. Nie obserwowano również prozarodków w zalążku, które pojawiły się dopiero wtedy, gdy okwiat był przekwitający. Do podobnych wniosków odnośnie do faktu, iż u *L. albus* oraz *L. mutabilis* proces przebiegu osadzania się pyłku, jego kiełkowania oraz docierania do zalążka w procesie samozapylenia w porównaniu do takich gatunków, jak *L. angustifolius*, *L. luteus* jest późniejszy doszli Wilson i in. [2008]. Określili oni, że po 4 dniach od momentu otwarcia kwiatów, czyli od rozpoczęcia pylenia, około 38% łagiewek pyłkowych zaczynało przerastać szyjkę słupka i docierać do zalążka, co było bardzo zbliżone do obserwacji poczynionych w okresie pełni kwitnienia w warunkach klimatyczno-glebowych Dolnego Śląska (tab. 17). Po pięciu dniach intensywność tych procesów zwiększyła się do 50% [Wilson i in. 2008]. Przeprowadzone obserwacje (tab. 17) wykazały maksymalną intensywność procesów kiełkowania pyłku na znamieniu, przerastania łagiewki pyłkowej przez szyjkę i docierania do zalążka (96–100%) w momencie okwiatu przekwitającego. Słabsze docieranie do zalążka łagiewek pyłkowych stwierdzono również w okresie pełni kwitnienia u *L. cosentinii*. U *L. atlanticus* proces osadzania się pyłku, jego kiełkowania i docierania do zalążka przebiegał sprawnie w okresie pełni kwitnienia. Obserwowano również prozarodki kilkunasto- i kilkudziesięciokomórkowe (fot. 4). Prozarodki kilkunastokomórkowe, w przypadku otrzymywanych mieszańców, obserwowano u *L. albus* x *L. cosentinii* oraz *L. albus* x *L. atlanticus* oraz *L. atlanticus* x *L. cosentinii* po 168 godzinach, czyli po siedmiu dniach od przepylecia pyłkiem formy ojcowskiej. Jeżeli użyto *L. atlanticus* jako formy matecznej, a łubinu białego jako ojcowskiej, kilkunastokomórkowe zarodki obserwowano już po 24 i 72 godzinach od zapylenia (fot. 11). Generalnie obserwowano występowanie zgodności seksualnej warunkującej zapłodnienie w analizowanych układach krzyżowań, ale dalszy rozwój zarodków i bielma przebiegał z różną skutecznością, co spowodowało brak uzyskanych nasion w przypadku gdy *L. albus* był formą mateczną oraz ojcowską (tab. 18).

Podczas dojrzewania słupka, a także po jego zapyleniu, zarówno somatyczne tkanki otaczające mikropyle zalążka, jak i sam woreczek zalążkowy były źródłem związków działających jako atraktanty rosnących łagiewek pyłkowych. Dzięki temu łagiewka pyłkowa bezbłędnie odnajduje mikropyle i tam kieruje swój wierzchołek wzrostu. Zdolność do przyciągania łagiewek pyłkowych mają tylko zalążki receptywne, tj. płodne. Niereceptywne zalążki, w których brak woreczka zalążkowego lub które mają nieodpowiedni wiek (zbyt młode lub zbyt stare) „nie przyciągają” łagiewek. Poznanie genetycznych i molekularnych mechanizmów rozpoznania między ziarnami pyłku a słupkiem, łagiewką pyłkową a zalążkiem jest istotnym elementem nie tylko w procesie krzyżowania, ale może być wykorzystywanym modelem do badania procesów odbioru i transdukcji sygnałów międzykomórkowych u łubinu, tak jak ma to miejsce u innych roślin [Bednarska 2003]. Zbadanie procesu otrzymywania mieszańców międzygatunkowych u łubinu przy wykorzystaniu izolacji gamet i dokonania zapłodnienia *in vitro* byłoby pomocne przy otrzymywaniu mieszańców międzygatunkowych. Do tej pory zapylenia dokonuje się *in vivo* i po 10–25 dniach izoluje zarodki, wyszczepiając na pożywki [Przyborowki 2003, Clements i in. 2008, Wilson i in. 2008]. Przy zastosowaniu nowoczesnych technologii i dokładnej znajomości procesów prowadzących do zapylenia oraz zapłodnienia być może stanie się realne pokonanie barier krzyżowalności

w rodzaju *Lupinus* [Sator 1984, Atkins i in. 1998, Przyborowski 2003, Clements i in. 2008]. Mieszanie różnych gatunków łubinów stanowią szansę wprowadzenia różnych cech do materiałów hodowlanych, np. odporności czy tolerancji na stresy biotyczne i abiotyczne, poprawienia morfologiczno-anatomicznych cech, podwyższenia wartości żywieniowej nasion czy plonowania. *L. albus* jest na przykład źródłem genów odporności na takie wirusy jak: BYMV i CMV. Skrzyżowanie *L. mutabilis* z różnymi gatunkami uprawnymi dałoby możliwość zwiększenia zawartości białka czy tłuszczu, np. u *L. angustifolius*, a z *L. luteus* poprawy składu aminokwasów siarkowych w nasionach. *L. luteus* jest gatunkiem najmniej wymagającym pod względem siedliska i dobrze znoszącym zakwaszenie gleb [Kasten i Kunert 1991, Przyborowski 2003, Clements i in. 2008].

Ciekawym przykładem szerokich zdolności adaptacyjnych międzygatunkowego mieszańca jest łubin Russela. Jego historia sięga roku 1909, kiedy to brytyjski ogrodnik – George Russel z okazji koronacji króla postanowił wyhodować nową odmianę łubinu. W tym celu sprowadził kolekcję różnych amerykańskich gatunków łubinów, które posiał u siebie w ogrodzie i pozwolił na swobodne ich przepylenie. Zebrane nasiona rozmnażał i uzyskał nową gamę zabarwienia kwiatów. Kwiaty były tak atrakcyjne, że nasiona trafiły do sprzedaży. Mieszkanka Nowej Zelandii Connie Scot kupiła parę kilogramów nasion i przewiozła do Nowej Zelandii, a jadąc samochodem wyrzucała je przez okno. Nasiona trafiwszy do środowiska, skielkowały, a rośliny świetnie się adaptowały i rozprzestrzeniły. Dzięki temu, podobnie jak *L. polyphyllus* w Polsce, łubin Russela wchodzi w skład flory nowozelandzkiej, pomimo że nie jest to gatunek rodzimy. W pobliżu miast w Nowej Zelandii często spotyka się też segreganty łubinu podobne do *L. arboreus*, ale o różowych bądź niebieskich przebarwieniach kwiatów, które są wynikiem introgresji [George Hill, niepublikowane].

6. PODSUMOWANIE

Analiza czterech kolekcji łubinu obejmująca osiem gatunków, łącznie 43 genotypy, do których zaliczono 9 mieszańców międzygatunkowych, 7 mieszańców wewnątrzgatunkowych *L. mutabilis* oraz ponad 450 roślin mieszańcowych pokolenia F₂ *L. angustifolius*, wykazała przydatność materiałów kolekcyjnych oraz mieszańców do celów hodowlanych oraz badań genetycznych.

Średnio najniższymi roślinami, o najkrótszych kwiatostanach, korzystną długością okresu wegetacji – poniżej 135 dni i najwyższym indeksie płodności charakteryzowały się obiekty z pierwszej kolekcji obejmującej gatunki dzikie. Indeks płodności pędu głównego przekraczał 40%, a bocznego 30% i był wyższy odpowiednio w stosunku do ocenianych form mieszańców międzygatunkowych oraz wewnątrzgatunkowych *L. mutabilis*.

Na uwagę zasługują genotypy należące zwłaszcza do *L. atlanticus*, które mogą stanowić cenne źródło cech związanych z elementami plonowania – wysoki indeks płodności w porównaniu z uprawnymi gatunkami oraz najkrótszy okres wegetacji – 120 dni, zbliżony do *L. angustifolius*. Ponadto w wyniku selekcji przeprowadzonej w latach 2000–2002 udało się poprawić plonowanie *L. mutabilis* XM.5, wyprowadzając linię o 26% plenniejszą niż populacja oceniana w III serii doświadczeń.

Najwyższymi roślinami o długich kwiatostanach i stosunkowo najniższym indeksie płodności charakteryzowały się rośliny badanych obiektów *L. mutabilis*. Jednakże wysoką plennością – powyżej 40 strąków z rośliny – charakteryzowały się rośliny *L. mutabilis* ‘Potosi’.

Wprowadzając do formuły mieszańca epigonalnego mutantu KW, uzyskano poprawę wiązania strąków na roślinie u (Mut-160 x KW) oraz (XM.5 x KW-12), a ponadto u drugiego mieszańca stwierdzono istotne ograniczenie liczby rozgałęzień bocznych. Pod względem tej cechy można będzie przeprowadzić jeszcze bardziej ukierunkowaną selekcję, dążąc do form o ograniczonej liczbie pędów lub segregantów epigonalnych, biorąc pod uwagę znaczny zakres zmienności. Równie plenne mieszańce wewnątrzgatunkowe uzyskano po skrzyżowaniu (LM.34 x Mut-45) – powyżej 30 strąków z rośliny.

Większość mieszańców charakteryzowała się wysokimi średnimi wartościami masy tysiąca nasion, jednakże istnieje konieczność przeprowadzenia dalszej selekcji w celu wyrównania wartości tej cechy, ponieważ stwierdzono dużą zmienność wyników.

Wprowadzenie do mieszańców międzygatunkowych – między sekcjami Albus i Mutabili – *L. vavilovi* czy *L. termis* spowodowało podwyższenie indeksu płodności powyżej 45% w porównaniu do komponentu ojcowskiego, co wyraźnie widać u mieszańców (*L. vavilovi* x *L. mutabilis* LM.34), (*L. termis* x *L. mutabilis* Mut-628) oraz (*L. termis* x *L. mutabilis* KW). Najplenniejszym mieszańcem międzygatunkowym okazał się (*L. mutabilis* LM.13 x *L. graecus*) – powyżej 30 strąków z rośliny. Mieszaniec (*L. mutabi-*

lis XM.5 x L. vavilovi) charakteryzował się najkrótszym okresem wegetacji – 140 dni, a jednocześnie wyróżnił się pod względem liczby strąków z rośliny wysoką zmiennością, co świadczy o możliwości dokonania dalszej selekcji w kierunku poprawienia jego plenności.

Uzyskane stosunki rozszczepień w pokoleniu F₂ *L. angustifolius* pod względem barwy nasion, jak i kwiatów wskazują, iż obie cechy dziedziczą się u ocenianych populacji w sposób prosty z tym, że nasiona w typie *PISUM* natomiast kolor kwiatów w typie *ZEA*.

U potomstwa F₂ ('Emir' x LAE-1) oraz ('Emir' x 'Graf') nastąpiło znaczne poszerzenie zakresu zmienności w stosunku do form rodzicielskich, a także zaobserwowano transgresję dodatnią oraz ujemną – co daje możliwość wyselekcjonowania roślin o korzystnych cechach.

W wypadku większości badanych cech (wysokość pędu głównego, wysokość całej rośliny, liczba rozgałęzień pierwszego rzędu, długość kwiatostanu pędu głównego) stwierdzono istotny wpływ czynnika genetycznego na ich ekspresję, gdyż obliczone wartości współczynników odziedziczalności wynosiły od 55 do 81%, z wyjątkiem masy tysiąca nasion oraz liczby strąków z pędu głównego.

Przeprowadzona analiza procesu zapylenia między wybranymi przedstawicielami sekcji *Atlanticus* oraz *Albus* wykazała istnienie barier postzygotycznych.

Po skrzyżowaniu *L. albus* 'Butan' x *L. atlanticus*, *L. atlanticus* x *L. albus* 'Butan' i *L. albus* 'Butan' x *L. cosentinii* obserwowano najwyższy udział słupków z łagiewkami penetrującymi szyjkę, a największą efektywność w postaci zawiązanych nasion stwierdzono w układzie krzyżowania *L. atlanticus* x *L. cosentinii* (11%) oraz *L. cosentinii* x *L. atlanticus* (8%).

7. PIŚMIENNICTWO

- Adachi T., Kawabata K., Matsuzaki N., Yabuya T., 1983. Observation of pollen tube elongation, fertilization and ovule development in autogamous autotetraploid buckwheat. Proc. IInd Int. Symp. on Buckwheat, Miyazaki, Japan, 7–10 September 1983, 103–114.
- Adhikari K., Galwey N.W., Dracup M., 2001. The genetic control of mildly restricted branching in narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.). *Euphytica* 117, 261–274.
- Ainouche A., Bayer R.J., 1999. Phylogenetic relationships in *Lupinus* (*Fabaceae: Papilionoideae*) based on the internal transcribed spacer sequences (ITS) of nuclear ribosomal DNA. *Am. J. Bot.*, 86(4), 590–607.
- Atabiekova A.J., Maisurjan N. A., 1962. A new lupin species (*Lupinus vavilovi* Atab. Et Maiss.). *Isv. Timirjazev. Selskohozjajstv. Acad.*, 44 (1), 239–40.
- Atabiekova A.J., Maisurjan N. A., 1968. New species of lupin from different seed-producing centres. *Bjull. Glav.bot.Sad. Acad. Nauk SSSR*, 75–77.
- Atkins G.A., Smith P.M.C., Gupta S., Jones M.G.M., Caligari P.D.S., 1998. Genetics, Cytology and Biotechnology. Lupin as Crop Plants. Biology, Production and Utilization. J.S. Gladstones i in. (ed.), 67–92.
- Augiewicz J., 2002. Charakterystyka morfologiczna i cytogenetyczna mieszańców wewnątrz i międzygatunkowych *Lupinus mutabilis* Sweet. Praca doktorska. Biblioteka AR we Wrocławiu.
- Augiewicz J., Kalińska H., Galek R., Sawicka-Sienkiewicz E., 2001. Analiza cytologiczna wybranych form rodzaju *Lupinus*. PN AR we Wrocławiu. *Rolnictwo LXXXII*, nr 427: 12–17.
- Augiewicz J., Sawicka-Sienkiewicz E., Kępa E., 2001. Wstępna ocena materiałów pochodzących ze skrzyżowania łubinu andyjskiego (*Lupinus mutabilis* Sweet) z przedstawicielami sekcji *Albus* część II. Analiza morfologiczna. PN AR we Wrocławiu, *Rolnictwo LXXXII*, nr 427, 19–30.
- Baer von E., 1988. *Lupinus mutabilis*: cultivation and breeding. Proc. of 5th Int. Lupin Conf. Poznan, Poland, 5–8 July 1988, 237–247.
- Baer von E., 2004. The potential of crossing *Lupinus polyphyllus* and *L. mutabilis*. Proc. of the 10th Int. Lupine Conf. Laugarvatn, Iceland, 19–24 June 2002, 153–158.
- Baer von E., 2008. Efficiency and quality in the production of sweet lupin. Proc. of the 12th Int. Lupin Conf., Fremantle, Western Australia 14–18 September 2008, 71–74.
- Baer von E., Barra M., 1990. Interspecific crossing *L. polyphyllus* x *L. mutabilis*. Abstracts 6th Int. Lupin Conf., Temuco – Pucon, Chile, Nov. 25–30, 1990, 138.
- Bayliss K.L., Wroth J.M., Cowling W.A., 2004. Pro-embryos of *Lupinus spp.* produced from isolated microspore culture. *Aust. J. of Agric. Res.*, 55, 589–593.
- Bednarska E. 2003. Embriologia roślin – wstęp. *Kosmos*, 52/4(261), 371–373.
- Bisby F.A., 1981. *Genisteeae*. In *Advances in Legume Systematics Part I*. Eds. Polhill R.M., Raven P.H. Royal Bot. Gardens, Kew, U.K., 409–425.
- Bobkiewicz T., Szczawińska K., Kozaryn I., Mikołajczak P., Kamińska E., Ali O., Gulewicz K., 1994. Porównanie właściwości farmakologicznych ekstraktów z nasion *L. angustifolius* var. Emir i Mirela „Łubin – Biało – Ekologia. I Ogólnopolska Konferencja Naukowa”. Poznań, 29 XI 1993. Poznań, 1994, 277–284.

- Boersma J.G., B.J. Buirchell, Sivasithamparam K., Yang H., 2007a. Development of two sequence-specific PCR markers linked to the *le* gene that reduces pod shattering in narrow-leaved Lupin (*Lupinus angustifolius* L.). *Genetics and Molecular Biology*, 30, 623–629.
- Boersma J.G., Buirchell B.J., Sivasithamparam K., Yang H., 2007b. Development of a PCR marker tightly linked to *mollis*, the gene that controls seed dormancy in *Lupinus angustifolius* L. *Plant Breeding*, 126, 612–616.
- Boersma J.G., Buirchell B.J., Sivasithamparam K., Yang H., 2007c. Development of a sequence-specific PCR marker linked to the *Ku* gene which removes the vernalisation requirement in narrow-leaved lupin. *Plant Breeding*, 126, 306–309.
- Boersma J.G., Pollotta M., Li.C., Buirchell B.J., Sivasithamparam K., Yang H., 2005. Construction of genetic linkage map using MFLP, and identification of molecular markers linked to domestication genes in narrow – leaved lupin (*Lupinus angustifolius*). *Cell Mol. Biol. Lett.*, 10, 331–344.
- Brejda E., Sawicka-Sienkiewicz E.J., 1997. Otrzymywanie mieszańców międzygatunkowych z *Lupinus mutabilis* Sweet. Łubin we współczesnym Rolnictwie. Materiały Konferencyjne, Olsztyn – Kortowo, 25–27 czerwiec 1997, 65–71.
- Bromberek S., Mikołajczyk J., Wiza M., 1984. Mutation 'autofinissante' du lupin bleu. *Proc. 3rd Int. Lupin Conf. La Rochelle, France, 4–8 Juin, 1984*, 566–567.
- Brzóska F., 2009. Czy istnieje możliwość substytucji białka GMO innymi surowcami białkowymi (Część I). *Wiadomości Zootechniczne*, R. XLVII (2009), 1, 3–9.
- Buirchell B.J., Cowling W.A., 1992. Domestication of rough-seeded lupins. *W.A. Journal of Agriculture*, Vol. 33, 131–137.
- Buirchell B.J., 1994. Domestication and potential of the rough-seeded lupins. *Proc. of the 7th Int. Lupin Conf., Evora, Portugal. 18–23 April 1993*, 19–24.
- Buirchell B.J., 1999. Genetic diversity in rough-seeded lupins. *Proc. of the 8th Int. Lupin Conf. Asilomar, California, USA, 11–16 May 1996*, 290–303.
- Buirchell B.J., Cowling W.A., 1988. Genetic resources in lupins, [w:] Gladstones J.S., Atkins A., Hamblin J. (eds.) 1998. *Lupins As a Crop Plants Biology, Production and Utilization*. CAB International, 41–66.
- Buirchell B.J., Cowling W.A., 2000. Domestication of *L. pilosus* Murray through mutation. *Proc. of the 9th International Lupin Conference, Klink/ Mürizt, Germany, 20–24 June, 1999*, 156–157.
- Buschman-Loock A., Dambroth M., Menge-Hartmann U., 1992. Historical observation on interspecific crosses in the genus *Lupinus*. *Plant Breeding*, 109, 82–95.
- Caligari P.D.S., Rahim M.A., Röemer P., Huyghe C., Neves-Martins J.M., Sawicka-Sienkiewicz E.J., 2000. The potential of *Lupinus mutabilis* as a crop. *Kluwer Academic Publishers K. Knigh*.
- Carstairs S.A., Buirchell B.J., Cowling W.A., 1992. Chromosome number, size and interspecific crossing ability of three old world species, *Lupinus princei* Harms, *Lupinus atlanticus* Glads. and *Lupinus digitatus* Forskal. and implications for cyto-systematic relationships among the rough-seeded lupinus. *J. Royal Soc. West. Astr.*, 75, 78–88.
- Chuda A., Grzebelus D., Adamus A., 2006. Efektywność otrzymywania mieszańców międzygatunkowych cebuli i ich identyfikacja, [w:] Sodikiewicz W., Sodikiewicz, Surma M. 2006. *PAGEN Centre of Excellence In Plant Agrobiolgy and Molecular Genetics. Mieszańce oddalone roślin uprawnych. IGR PAN Poznań*, 115–119.
- Chudy M., Leśniewska K., Wolko B., Świąćicki W., 2008. Narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.) comparative studies. *Proc. of the 12th Int. Conf., Fremantle, Western Australia 14–18 September 2008*, 332–335.

- Clements J., 2006. Inheritance of low seed coat and pod wall proportion in *Lupinus angustifolius*. Proc. of the 13th Australasian Plant Breeding Conf., Christchurch, New Zealand, 18–21 April 2006, 458–461.
- Clements J., Atkins C., 2001. Characterization of a non-abscission mutant in *Lupinus angustifolius*. I. Genetic and structural aspects. American Journal of Botany 88(1), 31–42.
- Clements J.C., Buirchell B.J., Cowling W.A., 1996. Relationships between morphological variation and geographical origin on selection history in *Lupinus pilosus*. Plant Breed. 115, 16–22.
- Clements J.C., Dracup M., Galwey N., 2002. Effect of genotype and environment on proportion of seed hull and pod wall in lupin. Aust. J. of Agric. Res., 53(10), 1147–1154.
- Clements J.C., Dracup M., Buirchell B., Smith C., 2005. Variation for seed coat and pod wall percentage and other traits in a germplasm collection and historical cultivars of lupins. Aust. J. Agric. Res., 53, 75–83.
- Clements J., Prilyuk L., Quealy J., Francis G., 2008. Interspecific crossing among the New World lupin species for *Lupinus mutabilis* crop improvement. Proc. of the 12th Int. Conf., Fremantle, Western Australia 14–18 September 2008, 324–327.
- Clements J.C., Sweetingham M.S., Smith L., Francis G., Thomas G., 2008. Crop improvement in *Lupinus mutabilis* for Australian agriculture – progress. Proc. of the 12th Int. Conf., Fremantle, Western Australia 14–18 September 2008, 244–250.
- Cordero S.A., Arrieta V., Muzquiz M., 1988. *Lupinus hispanicus* breeding. Proc. of 5th Int. Lupin Conf. Poznan, Poland, 5–8 July 1988, 156–170.
- Cowling W.A., Buirchell B.J., Tapia M.E., 1998. Lupin *Lupinus* L. IPGRI: 1-105.
- Davies S., Williams W., 1985. The rate of morphogenesis of embryos and seeds in four species of grain legumes. Annals of Botany, vol. 56(4), 429–435.
- Dick M.A. 1994. Blight of *Lupinus arboreus* in New Zeland. New Zeland Journal of Forestry Science, 24/1, 51–68.
- Dolata A., Wiatr K., 2009. Strączkowe. COBORU, Lista Opisowa odmian. Rośliny rolnicze, cz. 2, 113–116.
- Dunn D.B., 1984. Cytotaxonomy and distribution of New World lupin species. Proc. 3rd Int. Lupin Conf., La Rochelle, France, 4–8 Juin 1984, 68–85.
- Eastwood R.J., Drummond Ch.S., Schifino-Wittmann M.T., Hughes C.E., 2008. Diversity and evolutionary history of lupins – insights from new phylogenies. Proc. of the 12th Int. Conf., Fremantle, Western Australia 14–18 September 2008, 346–354.
- Eastwood R.J., Hughes C.E., 2008. Origins of domestication of *Lupinus mutabilis* in the Andes. Proc. of the 12th Int. Conf., Fremantle, Western Australia 14–18 September 2008, 373–379.
- Faligowska A., Szukała J., 2007. Plonowanie i wydajność paszowa łubinu wąskolistnego w zależności od systemów uprawy roli i dolistnego dokarmiania mikroelementami na jakość nasion i efektywność ekonomiczną uprawy łubinu wąskolistnego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., z. 522, 219–228.
- Faluyi M.A., Williams W., 1981. Studies on the breeding system in lupin species a) self and cross compatibility in the three European lupin species b) percentage of out-crossing in *Lupinus albus*. Z. Pflanzenzüchtung, 233–239.
- FAOSTAT, 2009. www.faostat.org
- Forbes I., Wells H.D., 1968. Hard and soft seededness in blue lupine, *Lupinus angustifolius* L. Inheritance and phenotype classification. Crop Sci., 8, 195–197.
- Fychan R., Marley C.L., Lewis G.G., Davies D.R.W., Theobald V.J., Jones R., Abberton M.T., 2008. Effects of feeding concentrate diets containing narrow-leaf lupin, yellow lupin or soya when compared with a control diet on the productivity of finishing lambs. Proc. of the 12th Int. Conf., Fremantle, Western Australia 14–18 September 2008, 127–131.

- Galek R., Sawicka-Sienkiewicz E.J., 2001. Ocena form kolekcyjnych łubinów, pochodzących z różnych warunków geograficzno-klimatycznych, pod względem wybranych cech morfologicznych. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rolnictwo LXXXII, 427, 31–49.
- Galek R., Sawicka-Sienkiewicz E.J., 2004. Analiza zmienności gatunków z rodzaju *Lupinus* pod względem plonowania. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 497, 259–267.
- Galek R., Sawicka-Sienkiewicz E., Aplas E., Kozak K., 2006. Możliwość regeneracji *Lupinus termis*, *Lupinus mutabilis* XM.5 i ich mieszańca metodą kultur pylnikowych, [w:] Adamski T., Surma M. (red.), 2006. Pagen – Centre of excellence in Plant Agrobiolgy and Molecular Genetics Haploidy i Linie Podwojonych Haploidów w Genetyce i Hodowli Roślin, vol. 7, 159–166.
- Gawłowska M., Święcicki W., 2007. Uprawa, rynek i wykorzystanie roślin strączkowych w Unii Europejskiej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., z. 522, 505–513.
- Gawłowska M., Święcicki W., Czerwińska A., 1999. Inheritance of restricted branching in the narrow – leafed lupin (*L. angustifolius* L.). Proc. Int. Conf.: Lupin in Polish and European Agriculture”, Przysiek, Poland, September 2–3, 1999, 159–162.
- Gladstones J.S., 1970. Lupins as crop plants. Field Crop Abstracts 23, 2, 123–148.
- Gladstones J.S. 1974. Lupins of the Mediterranean Region and Africa. Western Australian Technical Biull., 26, 1–48.
- Gladstones J.S., 1984. Present situation and potential of Mediterranean African lupins for crop production. Proc. 3rd Int. Lupin Conf. La Rochelle, France, 4–8 June 1984, 18–37.
- Gladstones J.S., 1988. More important problems in *Lupinus angustifolius* breeding. Proc. of 5th Int. Lupin Conf. Poznan, Poland, 5–8 July 1988, 15–24.
- Gladstones J.S., 1998. Lupinus as a crop plants. Distribution, origin, history and importance, [in:] Gladstones J.S., Atkins A., Hamblin J. (eds.), 1998. Lupin as a Crop Plants: Biology, Production and Utilization. CAB International, 1–37.
- Gladstones J.S., Atkins C.A., Hamblin J., 1998. Genetics, cytology and biotechnology, [in:] Lupinus as Crop plants: Biology, Production and Utilization. CABInternational, 67–92.
- Grabieński A., 1992. Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny. Tom 3.
- Gross R., 1986. *Lupinus* of The old and New World – a biological cultural coevolution. First Reinhold von Sengbusch Memorial Lecture. Proc. 4th Int. Lupin Conf. Department of Agriculture, Western Australia, South Perth, August 15–22 1986, 244–277.
- Gulewicz K., Aniszewski T., Cwojdzński W., 1997. Effects of some selected lupin biopreparations on the yields of winter wheat (*Triticum aestivum* ssp. *Vulgare* Vill) and potato (*Solanum tuberosum* L.). Industrial Crops and Products, 6, 9–17.
- Gupta S., Buirchell B.J., Cowling W.A., 1996. Interspecific reproductive barriers and genomic similarity among the rough-seeded *Lupinus* species. Plant Breeding, 115, 123–127.
- Hajdera I., Śliwińska D., Hasterok R., Małuszyńska J., 2003. Molecular cytogenetic analysis of genome structure in *Lupinus angustifolius* and *Lupinus cosentinii*. Theor. Appl. Genet., 107, 988–996.
- Hardy A., Huyghe C., 1997. Physiological bases of the poor adaptation of current *Lupinus mutabilis* genotypes to European conditions. Grain Legumes 15, 9–10.
- Hardy A., Huyghe C. Rahim M.A., Roemer P., Huyghe C., Neves-Martins J.M., Sawicka-Sienkiewicz E.J., Caligari P.D.S., 1998. Effect of genotype and environment on architecture and flowering time on indeterminate Andean lupins (*Lupinus mutabilis* Sweet). Aust. J. Agric. Res. 49, 1241–1251.

- Haufe W., Geidel H., 1984. Vorschlag eines Schätzverfahrens zur Klassifizierung von Versuchsergebnissen. Arbeitstagung 1984 der „Arbeitsgemeinschaft der Saatzüchtleiter“ innerhalb der Vereinigung Österreichischer Pflanzzüchter, gehalten vom 29 bis 29 November an der Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein. A-8952, 257–290.
- Heisteringer A., Pistrick K., 2007. ‘Altreier Kaffee’: *Lupinus pilosus* L. cultivated as coffee substitute in Northern Italy (Alto Adige/Südtirol). Genet. Resour. Crop. Evol., 54, 1623–1630.
- Hondelmann W., 1984. The lupin - ancient and modern crop plant. Theor. Appl. Genet., 68, 1–9.
- Jaranowski J., 1962. Fertilization and embryo development in the genus *Lupinus* Tourn. Part II. Fertilization and embryo development following reciprocal species hybridization. Gen. Pol. 3, 333–363.
- Jasińska Z., Kotecki A., 1999. Szczegółowa uprawa roślin. Wyd. AR we Wrocławiu.
- Kadłubiec W., Sawicka-Sienkiewicz E., Czarniecki J., 2001. Charakterystyka wybranych form łubinu andyjskiego (*Lupinus mutabilis* Sweet) w warunkach uprawy Pogórza Sudeckiego. Zesz. Naukowe AR we Wrocławiu, Rolnictwo LXXXII, 427, 51–61.
- Kalińska H., Augiewicz J., Sawicka-Sienkiewicz E., 2001. Wstępna ocena materiałów pochodzących ze skrzyżowania łubinu andyjskiego (*Lupinus mutabilis* Sweet) z przedstawicielami sekcji *Albus*. Część II. Analiza cytologiczna. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rolnictwo LXXXII nr 427, 63–72.
- Käss E., Wink M., 1997. Molecular phylogeny and phylogeography of *Lupinus* (*Leguminosae*) inferred from nucleotide sequences of the *rbcL* gene and ITS 1+2 regions of rDNA. Plant Syst. Evol. 208 (3–4), 139–167.
- Kasten W., Kunert R., 1991. A culture method for isolated immature embryos of different *Lupinus* species. Biologische Zentralblatt 110, 290–300.
- Kasten W., Paradies T., Kunert R., Straka P., 1991. Progress in realization of interspecific hybrids in the genus *Lupinus* by an embryo rescue technique. Biologische Zentralblatt, 110, 301–309.
- Katańska-Kaczmarek A., Majchrzycki D., Mikulski W., 2007. Ekonomiczne aspekty wykorzystania roślin strączkowych w uprawie polowej i żywieniu zwierząt gospodarskich w dobie biopaliw. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., z. 522, 239–246.
- Kazimierska E.M., 1970. Sporogenesis and gametogenesis in the hybrids *Lupinus hartwegi* Lindl. x *L. pubescens* Benth. II. Megasporogenesis and megagametogenesis. Genetica Polonica, vol. 11, no 11, 113–129.
- Kazimierski T., 1960. An interspecific hybrid in the genus *Lupinus* (*Lupinus albus* L. x *Lupinus jugoslavicus* Kazim. et NOW). Genetica Polonica. Polish Journal of Genetics and Plant Breeding, vol. 1, no 1, 3–60.
- Kazimierski T., 1961a. Interspecific hybridisation of *Lupinus*. Genetica Polonica. Polish Journal of Genetics and Plant Breeding, vol. 2, 97–102
- Kazimierski T., 1961b. An interspecific hybrid *Lupinus mutabilis* Sweet. x *L. Douglasi* Lindl. Genetica Polonica. Polish Journal of Genetics and Plant Breeding, vol. 2, 107–111.
- Kazimierski T., 1961c. Certain abnormalities in the hybrid: *Russells* lupin x *Lupinus hartwegi* Lindl. Genetica Polonica. Polish Journal of Genetics and Plant Breeding, vol. 3, 19–25.
- Kazimierski T., 1962. Certain variations in flower structure of interspecific hybrids of lupins. Genetica Polonica. Polish Journal of Genetics and Plant Breeding, vol. 2, 119–127.
- Kazimierski T., 1963a. Studies on the hybrid *Lupinus hartwegi* Lindl. x *Lupinus hybridus* now. Genetic affinity of fourteen American species of *Lupinus*. Genetica Polonica, vol. 4, no 3–4, 233–267.
- Kazimierski T., 1963b. Studies on the hybrid *Lupinus graecus* BOISS. x *Lupinus jugoslavicus* Kazim. et NOW. Genetica Polonica, vol. 4, no 3–4, 269–275.
- Kazimierski T., 1964. Inheritance of certain characters in the *Lupinus albus* L. x *L. graecus* BOISS. hybrid. Genetica Polonica, vol. 5, no 4, 309–326.

- Kazimierski T., Kazimierska E.M., 1965. Studies on a species hybrid *Lupinus rothmaleri* Klink. x *Lupinus luteus* Genetica Polonica, vol. 6, no 1–2, 125–140.
- Kazimierski T., Kazimierska E.M. 1970a. Further studies on a hybrid *Lupinus rothmaleri* Klink. x *Lupinus luteus*. Genetica Polonica, vol.11, no 2, 187–205.
- Kazimierski T., Kazimierska E.M., 1970b. Cytology of the hybrids *Lupinus varius* L. x *Lupinus pilosus* MURR. Genetica Polonica, vol.11, no 2, 208–218.
- Kazimierski T., Kazimierska E.M., 1987. Cytology of the hybrids *Lupinus varius* L. x *Lupinus pilosus* MURR. Genetica Polonica, vol. 28, no 4, 359–375.
- Kazimierski T., Kazimierska E.M., 1988 The forms cms of *Lupinus mutabilis* from the progeny of the *Lupinus hartwegii* Lindl. x *L. mutabilis* Sweet hybrid. Proc. of 5th Int. Lupin Conf. Poznan, Poland, 5–8 July 1988, 450–452.
- Kazimierski T., Nowacki E., 1961. A spontaneous interspecific hybrid in the genus *Lupinus* (*L. arboreus* Sims. x *L. hartwegii* Lindl.). Genetica Polonica. Polish Journal of Genetics and Plant Breeding, vol. 2, 93–96.
- Koprowicz M., Święcicki W., 1985. Wartość użytkowa łubinów Starego Świata. Hod. Rośl., 5–6, 32–36.
- Kruszka K., Wolko B., 1999. Linkage maps of morphological and molecular markers in lupin. Proc. of the 9th Int. Lupin Conference, Klink/ Müritz, Germany, 20–24 June, 1999, 100–105.
- Książkiewicz M., Karłowski W., Yang H., Wolko B., 2008. Physical and genetic analysis of genome region conferring resistance to fungal pathogens in the narrow-leaved lupin. Proc. of the 12th Int. Conf., Fremantle, Western Australia 14–18 September 2008, 263–266.
- Książak J., Borowiecki J., 2001. Rośliny strączkowe w rolnictwie ekologicznym. Zesz. Naukowe AR Wrocław, 426, 93–98.
- Kubok I., 1988. Historia hodowli łubinu w Polsce. ZUPiDK Radzików, 1–22.
- Kunitskaya M.P. 2000. Nasledovanie priznaka „okraska semyan” u lupina uzkolistnogo, [in:] Nikolaev M.E., Gorbyleva A.I. (eds.), 2000. Inter. Scientific and Practical Conference dedicated to 160th anniversary of Belarus State Agricultural Academy, Gorky (Belarus), 7–9 Jun 2000, „Production of plant growing: problems and ways for their solution” – Gorky (Belarus): BSAA, 2000, 181–184.
- Kuptsov N., Joernsgaard B., Takunov I., 2004. Non-allelic gene recombination and its use in the breeding of *Lupinus angustifolius*. Proc. of the 10th Int. Lupine Conf. Laugarvatn, Iceland, 19–24 June 2002, 145–151.
- Kurlovich B.S., Stankevich A.K., 2002. Geography, Classification, Genetic Resources and Breeding. OY International North Express, St. Petersburg, Russia.
- Lamberts H., 1955. Verbreitung van de Grondslagen van de veredeling van Voederlupine. Verlag Veermann u Zanen. Wagenigen, 1955, 97–106.
- Lamberts H., 1958. Ein neuer Typus mit nicht abbrechenden Hülsen und ein neuer Artbastard bei Lupinen. Züchter, 28, 15–17.
- Lampart-Szczapa E., Łoza A., 2007. Funkcjonalne składniki nasion łubinu – korzyści i potencjalne zagrożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., z. 522, 387–392.
- Leśniewska K., Chudy M., Gawłowska M., Święcicki W., Wolko B., 2007. Markery STS na genetycznej mapie łubinu wąskolistnego (*Lupinus angustifolius* L.). Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., z. 522, 15–21.
- Magnusson B., Magnusson S., Sigurdson B.D., 2004. Plant succession in areas colonized by the introduced Nootka lupin in Iceland. Proc. of the 10th Int. Lupine Conf. Laugarvatn, Iceland, 19–24 June 2002, 170–177.
- Mahmud I., Kramer H.M., 1951. Segregation for yield, height and maturity following a soybean cross. Agron. J., 43, 605–609.
- Maisurjan N.A., Atabekova A.I., 1974. Lupin. Publishing house «Kolos», Moscow.
- Malinowski E., 1958. Genetyka. 582s.

- Martins J.M., Riottot M., de Abreu M.C., Viegas-Crespo A.M., 2005. Cholesterol-lowering effects of dietary blue lupin (*Lupinus angustifolius* L.) in intact and ileorectal anastomosed pigs. *Journal of Lipid Research*, vol. 46, 2005, 1539–1547.
- Martyniak J., 2000. Geneza polskich odmian roślin strączkowych. *Hod. Roś. i Nas.*, 1, 49–54.
- Mazurkiewicz J., Przybył A., Wudarczak B., Rożek W., 2007. Przydatność nasion łubinów wąskolistnych odmian Sum i Mirela w ekstrudowanych mieszankach dla karpia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, z. 522, 399–404
- Merea M., Harcha C., Miranda H., Rouanet L., 2004. Genotypic and environmental effects on pod wall proportion and pod wall specific weight in *Lupinus angustifolius*. *Aust. J. Agric. Res.*, 55(4), 397–406.
- Merino E.F., Planchuelo A.M., Wink M., 2000. Phylogenetic analysis of *Lupinus*. Proc. of the 9th Int. Lupin Conference, Klink/ Müriz, Germany, 20–24 June 1999, 287–290.
- Michalczyk D.J., Piotrowicz-Cieślak A.I., Sawicka-Sienkiewicz E., Bochenek A., Głowacka K., 2006. Diversity of seed coat ultrastructure and soluble carbohydrates contents in *Lupinus atlanticus*, *L. cosentinii* and *L. pilosus*. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 48/1, 59–68.
- Micke A., Maluszynski M., Doninii B., 1985. Plant cultivars derived from mutation induction or the use induced mutants in cross breeding. *Mut. Breeding Review*, Joint IAEA/FAO, 3, 1–92.
- Micke A., Świącicki W., 1988. Induced mutation in lupins. Proc. of 5th Int. Lupin Conf. Poznan, Poland, 5–8 July 1988, 110–127.
- Mikołajczyk J. 1966. Genetics studies in *Lupinus angustifolius* L. Part II. Inheritance of some morphological character in blue lupine. *Genetica Polonica*, 1966, vol.7, no 3–4, 80–153.
- Mikołajczyk J., Stawinski S. and Wiza M., 1984. Direction actuelles de l'amélioration et l'état actuel des recherches sur l'acclimatation du lupin blanc en Pologne. Proc. 3rd Inter. Lupin Conf., La Rochelle, France, 4–8 June 1984, 570–571.
- Mujica A., Jacobsen S.E., Izquierdo J., 2002. Andean lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet) – forty years research in Peru. Abs. 10th Conf., Laugarvatn, Iceland, 19–24 June 2002, 100.
- Nadolska-Orczyk A., 1992. Somatic embryogenesis of agriculturally important lupin species (*Lupinus angustifolius*, *L. albus*, *L. mutabilis*). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* Kluwer Academic Publishers, 28, 19–25.
- Naganowska B., 2001. Badania cytogenetyczne łubinów – stan obecny i perspektywy. *Zesz. Naukowe AR we Wrocławiu, Rolnictwo LXXXII*, nr 427, 73–81
- Naganowska B., Ładoń D., 2000. Chromosome of *Lupinus hispanicus* subsp. *hispanicus* Boiss. et Reut. *L. luteus* L. and their hybrids. *J. Appl. Genet.* 41(3), 167–170
- Naganowska B., Wolko B., Śliwińska E., Kaczmarek Z., 2003. Nuclear DNA content variation and species relationships in the genus *Lupinus* (*Fabaceae*). *Annals of Botany*, 92, 349–355.
- Naganowska B., Zielińska A., 2002. Physical mapping of 18S-25S rDNA and 5S rDNA in *Lupinus* by fluorescent *in situ* hybridization. *Cellular & Molecular Biology, Letters* 7(2B), 665–670.
- Nelson M.N., Boersma J., Chudy M., Leśniewska K., Ellwood S.R., Phan H.T.T., Moolhuijzen P.M., Bellgard M., Oliver R.P., Świącicki W., Wolko B., Cowling W.A., 2008. A de novo reference map of the *Lupinus angustifolius* L. genome: a foundation for building lupin genome research. Proc. of the 12th Int. Conf., Fremantle, Western Australia 14–18 September 2008, 255–258.
- Nelson M.N., Phan H.T.T., Ellwood S.R., Moolhuijzen P.M., Hane J., Williams A., O'Lone C.E., Fosu-Nyarko J., Scobie M., Cakir M., Jones M.G.K., Bellgard M., Książkiewicz M., Wolko B., Barker S.J., Oliver R.P., Cowling W.A., 2006. The first gene-based map of *Lupinus angustifolius* L.-location of domestication genes and conserved synteny with *Medicago truncatula*. *Theoretical and Applied Genetics*, 113(2), 225–238.

- Nowacki E., 1961. An Interspecific hybrid: *Lupinus mutabilis* Sweet. x *L. ornatus* Dougl. x *L. douglasii* Lindl. *Genetica Polonica*. Polish Journal of Genetics and Plant Breeding, vol. 2, 1–17.
- Obermayer R., Greilhuber J., Świącicki W.K., 2004. Variation in nuclear DNA content of *Lupinus luteus*, its wild progenitor *L. hispanicus*, and the hybrid *L. x hispanicoluteus*. Proc. of the 10th Int. Lupine Conf. Laugarvatn, Iceland, 19–24 June 2002, 10–12
- Oram R.N., 2002. Two reduced branching mutants in *Lupinus angustifolius* L. SABRAO. *Journal of Breeding and Genetics*, 34(1), 27–33.
- Pakendorf K., 1974. Studies on the use of mutagenic agents in *Lupinus*, II. Some mutants of *Lupinus mutabilis* after the application of gamma irradiation. *Z. Pflanzenzüchtung*, 72, 152–159.
- Palta J.A., Berger J.D., Ludwig C., 2008. The growth and yield of narrow leafed lupin: myths and realities. Proc. of the 12th International Conference, Fremantle, Western Australia 14–18 September 2008, 20–25.
- Perissé P., Planchuelo A.M., 2004. Seed coat morphology of *Lupinus albus* L. and *L. angustifolius* L. related to water uptake. *Seed Science and Technology*, 32, 69–77.
- Phan H.T.T., Ellwood S.R., Adhikai K., Nelson M.N., Oliver R.P., 2007. The first genetic and comparative map of white lupin (*Lupinus albus* L.): Identification of QTLs for anthracnose resistance and flowering time, and a locus for alkaloid content. *DNA Research*, 14, 59–7.
- Phoplonker M.A., Caligari. Unpub. Report from contract No. AIR-93-CT-08665.
- Pigeaire A.; Abernethy D.; Smith P.M.; Simpson K., Fletcher N., Lu C-Y., Atkins C.A., Cornish E., 1997. Transformation of a grain legume (*Lupinus angustifolius* L.) via *Agrobacterium tumefaciens*-mediated gene transfer to shoot apices *Molecular Breeding*, vol. 3, no 5, 341–349.
- Planchuelo A.M., 1984. Taxonomic studies of *Lupinus* in South America. Proc. 3rd Int. Lupin Conf. La Rochelle, France, 4–8 June 1984, 40–53.
- Planchuelo A.M., 1994. Wild lupins distribution and its implications as germplasm resources. Proc. 7th Int. Lupin Conf. Advances in Lupin Research, 18–23 April 1993., Evora. Portugal., 65–69.
- Planchuelo A.M., Perissé P., 2006. New findings in seed coat morphology in relation to *Lupinus* taxonomy and phylogeny. Proc. 11th International Lupin Conference, 35–40.
- Polhill R.M., 1976. *Genisteae* (Adans) Benth. and related tribes (*Leguminosae*). *Botanical Systematics*, I, 143, 368.
- Polhill R.M., 1994a. Classification of the Leguminosae, [in:] Bisby F.A., Buckingham J. and Harborne J.B. (eds.), 1994. *Phytochemical Dictionary of the Leguminosae*. Chapman & Hall, London, XXXV–XLVIII.
- Polhill R.M., 1994b. Complete synopsis of legume genera, [in:] Bisby F.A., Buckingham J. and Harborne J.B. (eds.), 1994. *Phytochemical Dictionary of the Leguminosae*. Chapman & Hall, London, XLIX–LVII.
- Polhill R.M., Raven P.H., Stirton C.H., 1981. Evolution and systematics of the *Leguminosae*, [in:] Polhill R.M., Raven P.H. (eds.), 1981. *In Advances in Legume Systematics Part I.* Royal Bot. Gardens, Kew, U.K.: 1–26.
- Porsild A.E., Harington C.R., Mulligan G.A., 1967. *Lupinus arcticus* Wats. grown from seeds of Pleistocene age. *Science* 158(3797), 113–114.
- Prusiński J., 2007. Postęp biologiczny w łubinie (*Lupinus* sp.) – rys historyczny i stan aktualny. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, z. 522, 23–37.
- Przyborowski J.A., 2003. Pre- i postzygotyczne bariery przy krzyżowaniu wybranych gatunków z rodzaju *Lupinus*. *Rozprawy i Monografie*, 78, 1–53.
- Przyborowski A.J., Packa D., 1997. Embryo development after interspecific hybridisation of *Lupinus albus* L., *L. mutabilis* Sweet and *L. angustifolius* L. *J. Appl. Genet.* 38(2), 131–141.

- Przyborowski A.J., Packa D., Samborska – Ciana A. 1996. Prospects for obtaining hybrids plants as e results of interspecific crossing between *Lupinus albus* L., *Lupinus mutabilis* Sweet and *Lupinus angustifolius* L.. Proc. 8th Int. Lupin Conf., Warszawa Poland, 16–17 September: 166-169.
- Przyborowski A.J., Samborska-Ciana, Wiwart M., 1996. Intra- and interspecific pollination between *Lupinus albus* L., *Lupinus mutabilis* Sweet. and *Lupinus angustifolius* L. J. Appl. Genet., 37(3), 261–275.
- Przyborowski J.A., Weeden N.F., 2001. RAPD-based assessment of genetic similarity and distance between *Lupinus* species in section *Albus*. J. Appl. Genet., vol. 42(4), 425–433.
- Raven P.H., Polhill R.M., 1981. Biogeography of the *Leguminosae*, [in:] Advances in Legume Systematics. Polhill R.M. (ed.), 1981. Part 1. Royal Bot. Gardens, 27–54.
- Römer P., 1994. A determined mutant of *Lupinus mutabilis* as a possible source of early maturity. Proc. 7th int. Lupin Conf. 18–23 April 1993, Evora, Portugal 1994, 90–92.
- Römer P., Caligari P.D.S., Rahim M.A., Huyghe C., Hardy A., Neves-Martins J., Sawicka-Sienkiewicz E., 1999. Breeding perspectives of *Lupinus mutabilis* in the Middle Europe. Proc. of the 8th Int. Lupin Conf. Asilomar, California, USA, 11–16 May 1996, 353–356.
- Römer P., Jahn-Deesbach W., 1989. *Lupinus mutabilis* – variability and correlation of characters relevant to breeding under middle European conditions. XII EUCARPIA Congress, Göttingen, Germany, Vortrage für Pflanzenzüchtung., 15, 14–11.
- Römer P., Jahn-Deesbach W., 1992. Eight years experience in breeding *Lupinus mutabilis* under middle European conditions. Proc. Workshop, ESC-EEC-EACA, Brussels–Luxembourg, 79–85.
- Roy N.N., Gladstones J.S., 1988. Further studies with interspecific hybridization among Mediterranean/ African lupin species. Theoretical and Applied Genetics, 75, 606–609.
- Roy N.N., Gladstones J.S., 1985. Prospects for interspecific hybridization of *Lupinus atlanticus* Gladst. with *L. cosentinii* Guss. Theoretical and Applied Genetics, 238–241.
- Ruebenbauer T., Müller H.W., 1985. Ogólna Hodowla Roślin. PWN, Warszawa.
- Rurek M., Pietkiewicz G., Sawicka-Sienkiewicz E., Augustyniak H., 2001. Zastosowanie sekwencji NAD jako markerów molekularnych do badania różnicowania genetycznego łubinu. Zesz. Naukowe AR Wrocław, Rolnictwo, LXXXII, nr 427, 81–92.
- Rybczyński J.J., 2001. Biotechnologia łubinów (Przegląd literatury). Zesz. Naukowe AR we Wrocławiu, 427, 93–114.
- Rybczyński J.J., Podyma E., 1993. Micropropagation of some *Lupinus* species from seedling explants. Genetica Polonica, 34(3), 237–247.
- Sator C., 1985a. Induktion einer 'in vitro-vielfachspröbbildung' an samen von lupinen. Landbauforschung Volkenrode, 35, 8–10.
- Sator C., 1985b. Studies on shoot regeneration of lupins (*Lupinus* spp.). Plant Cell Rep., 4, 126–128.
- Sator C., 1985c. Regeneration von lupinenpflanzen aus embryonen. Landbauforschung Volkenrode, 35, 1–4.
- Sator C., 1985d. Regeneration von lupinenpflanzen aus antheren. Landbauforschung Volkenrode, 35, 5–7.
- Sawicka E.J., 1993. Indukowane mutacje u łubinu andyjskiego (*L. mutabilis* Sweet). Prace Ogrodu Botanicznego PAN 3, Ser. Monografie i Rozprawy, 1–112.
- Sawicka-Sienkiewicz E., 1997. Hodowla łubinów w Polsce i na świecie. Mat. Konf. Olsztyn – Kortowo, Łubin we współczesnym Rolnictwie, 37–58.
- Sawicka-Sienkiewicz E., Augiewicz J., 2004. Cytogenetics studies of Andean lupin. Proc. 10th Int. Lupin Conf., Laugarvatn, Iceland, 19–24 June 2002, 79–85.
- Sawicka-Sienkiewicz E., Brejdek E., 1999. Interspecific crossability of the Andean lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet). Proc. of the 8th Int. Lupin Conf. Asilomar, California, USA, 11–16 May 1996, 357–360.

- Sawicka-Sienkiewicz E., Buzar M., Galek R., 2006. Rozwój izolowanych dojrzałych zarodków mieszańcowych *Lupinus albus* sensu lato x *Lupinus mutabilis* i ich form rodzicielskich w kulturze *in vitro*, [w:] Sodkiewicz W., Sodkiewicz T., Surma M. (red.), 2006. PAGEN – Centre of Excellence in Plant Agrobiolgy and Molecular Genetics, Mieszańce Oddalone Roślin Uprawnych., vol. 7, 177–184.
- Sawicka-Sienkiewicz E., Galek R., 2006. Mieszańce oddalone w rodzaju *Lupinus*., [w:] Sodkiewicz W., Sodkiewicz T., Surma M. (red.), 2006. PAGEN – Centre of Excellence in Plant Agrobiolgy and Molecular Genetics, Mieszańce Oddalone Roślin Uprawnych., vol. 7, 35–48.
- Sawicka-Sienkiewicz E., Galek R., Kalińska H., Zalewski D., Stawiński S., 2004. Wstępna analiza cech ścian strąka i okrywy nasiennej u wybranych odmian i mutantów łubinu wąskolistnego (*L. angustifolius* L.), [w:] Krajewski P., Zwierzykowski Z., Kachlicki P. (red.), 2004. Genetyka w Ulepszaniu Roślin Uprawnych. Rozprawy i Monografie, nr 11, IGR PAN w Poznaniu, 403–411.
- Sawicka-Sienkiewicz E., Galek R., Kalińska H., Zalewski D., Stawiński S., 2006. Proportion of pod wall and seed coat in mutants of cv Emir and in a collection of *Lupinus angustifolius*. Proc. 11th Int. Lupin Conf., Guadalajara, Mexico, 4–9 May 2005, 20–22.
- Sawicka-Sienkiewicz E., Galek R., Zalewski D., Augiewicz J., Rurek M., Augustyniak H., Śliwińska E., 2005. Morphological and molecular characteristic of interspecific hybrids in the genus *Lupinus*. Proc. 11th Int. Lupin Conf., Guadalajara, Mexico, 4–9 May 2005, 23–26.
- Sawicka-Sienkiewicz E.J., Galek R., Clements J.C., Wilson J., 2008. Difficulties with interspecific hybridisation in the genus *Lupinus*. Proc. of the 12th Int. Conf., Fremantle, Western Australia, 14–18 September 2008, 135–142.
- Sawicka-Sienkiewicz E.J., Kadłubiec W., 2001. Aktualny stan badań nad łubinem andyjskim (*Lupinus mutabilis* Sweet). Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rolnictwo, LXXXII, 427, 115–129.
- Schäfer-Menuhr, A.T. Cherwinski, Buschmann A., 1988. Der Einsatz von Embryokultur zur Gewinnung von Artbrastarden aus der Kreuzung *Lupinus mutabilis* x *L. hartwegii*. Landbauforschung Völkenrode 38, 173–177.
- Sholars T.A., 1999. The systematic of perennial *Lupinus* i North America. Proc. of the 8th Int. Lupin Conf. Asilomar, California, USA, 11–16 May 1996, 401–413.
- Siamasonta B.M., Caligari P.D.S., 1999. Embryo growth rate in *in vivo* in *L. albus* and *L. mutabilis* following self, intra- and inter-specific pollination. Proc. of the 8th Int. Lupin Conf., Asilomar, California, USA, 11–16 May, 267–269.
- Sipsas S., 2008. Lupin products – concepts and reality. Proc. of the 12th Int. Conf., Fremantle, Western Australia, 14–18 September 2008, 506–513.
- Sonntag K., Rudloff E., Ruge-Wehling B., 2005. Wide crosses to improve pH-tolerance in narrow-leafed lupin. Proc. 11th Int. Lupin Conf., Guadalajara, Mexico, 4–9 May 2005, 17–19.
- Stawiński S., 1994. Długość okresu wegetacji jako główny czynnik ograniczający uprawę łubinu białego w Polsce. „Łubin – Białko – Ekologia”, I Ogólnopolska Konferencja naukowa, Poznań, 29 listopada 1993, 91–99.
- Stanisz A., 2007. Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny. Tom 3.
- Stawiński S., 2007a. Łubin wąskolistny – gatunek niewykorzystanych możliwości. Poradnik dla Producentów. Rośliny strączkowe niewykorzystane źródło polskiego białka. Agro Serwis, 25–28.
- Stawiński S., 2007b. Mieszanki łubinowo-pszenżytnie – polski specyfik ostatniego 10-lecia. Poradnik dla producentów. Rośliny strączkowe niewykorzystane źródło polskiego białka. Agro Serwis, 29–32.

- Sweetingham M., Kingwell R., 2008. Lupin – reflections and future possibilities. Proc. of the 12th Int. Conf., Fremantle, Western Australia, 14–18 September 2008, 514–525.
- Świącicki W., 1984. Breeding methods for forage and grain lupins. Proc. 3rd Int. Lupin Conf. La Rochelle, France, 4–8 June 1984, 192–205.
- Świącicki W., 1985. Katalog odmian wyhodowanych w Poznananskiej Hodowli roślin. Poznań, 48.
- Świącicki W., 1986. Developments in *L. albus* breeding. Proc. 4th Int. Lupin Conf. Department of Agriculture, Western Australia, South Perth, 15–22 August, 1986, 20–24.
- Świącicki W., 1988. Lupin gene resources in the Old World. Proc. of 5th Int. Lupin Conf. Poznań, Poland, 5–8 July 1988, 2–14.
- Świącicki W., Koprowicz M., Nijaki T., 1989. The catalogue of *Lupinus* Lines. PWRiL, Poznań, 43.
- Świącicki W., Nawrot C., 2004. Zasoby genowe rodzaju *Lupinus*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 497, 605–612.
- Świącicki W., Szukała J., Mikulski W., Jerzak M., 2007. Możliwości zastąpienia białka śrutu sojowej krajowymi surowcami. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., z. 522, 515–521.
- Świącicki W., Świącicki W.K., 1995. Domestication and breeding improvement of narrow-leaved lupin (*L. angustifolius* L.). Journal of Applied Genetics, vol.36(2), 155–167.
- Świącicki W., Świącicki W.K., Nijaki T., 1999. *Lupinus x hispanicoluteus* – an interspecific hybrid of Old World Lupins. Acta Societatis Botanicorum Poloniae 68(3), 217–220.
- Świącicki W., Świącicki W.K., Wolko B., 1996. *Lupinus anatolicus* – a new lupin species of The Old World. Genet. Resour. Crop Evol., 43, 109–117.
- Świącicki W., Wolko B., Jach K., 1994. *Lupinus anatolicus* – an unknown species of the Old World, [in:] Neves-Martins J.M., Beirao da Costa M.L. (eds.), 1993. *Advances in lupin research, Proceedings of the Seventh International Lupin Conference*. Evora (Portugal), April 18–23, 1993, I.S. de Agronomia (ISA Press), Lisbona, 63–64.
- Talhinhas P.; Vaz Patto M.C., Martins J.M., 1996. Evaluation of *Lupinus mutabilis* Sweet cultivars under Mediterranean conditions. Proc. of the 8th Int. Lupin Conf. Asilomar, California, USA, 11–16 May 1996, 87–93.
- Thiele C., Kaufmann K., Dieterich R., Thalmann R., 2008. Development of innovative breeding strategies for increasing yield and yield stability and promoting growth of narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius*). Proc. of the 12th Int. Conf., Fremantle, Western Australia, 14–18 September 2008, 294–297.
- Tomaszewski Z., Kubok I., Wnukowska A., 1971. Badania embriologiczne nad tworzeniem się nasion przy krzyżowaniu *Lupinus luteus* x *L. angustifolius*. Biul. Inst. Hod. i Aklim. Rośl., 4, 77–85.
- Vaz Patto M.C.; Talhinhas P., Martins J.M., 1996. Studies on genetic variability and architecture of *Lupinus mutabilis* Sweet populations. Proc. of the 8th Int. Lupin Conf. Asilomar, California, USA, 11–16 May 1996, 378–383.
- Williams W., Akhtar M.A., Faluyi M., 1980. Cross compatibility between European and American Lupin species. Botanical Journal of the Linnean Society, 81, 225–232.
- Williams W., Harrison J.E.M., Jayasekara S., 1984. Genetic control of alkaloid production in *Lupinus mutabilis* and the effect of a mutant allele *mutal* isolated following chemical mutagenesis. Euphytica, 33, 811–817.
- Wilson J.G., Clements J.C., Quealy J., Yang H., 2008. Development of an interspecific hybridization protocol for *Lupinus*. Proc. of the 12th Int. Conf., Fremantle, Western Australia, 14–18 September 2008, 147–151.
- Wink M., Merino F., Käss E., 1999. Molecular evolution of *Lupinus* (*Leguminosae: Lupinus*). Proc. of the 9th Int. Lupin Conference, Klink/ Müriz, Germany, 20–24 June 1999, 278–285.
- Wojciechowski A., Olejniczak J., Springer B., 2006. Otrzymywanie międzygatunkowych mieszańców w rodzaju *Brassica* z zastosowaniem kultur *in vitro*, [w:] Sodikiewicz W., So-

- dkiewicz T., Surma M. (red.), 2006. PAGEN – Centre of Excellence in Plant Agrobiolgy and Molecular Genetics, Mieszkańce Oddalone Roślin Uprawnych., 107–115.
- Wolko B., Książkiewicz M., Susek K., Chudy M., Gawłowska M., Boersma J., Yang H., 2005. Molecular markers for lupin genome map ping developer on the basis of *Medicago truncatula* and *Pisum sativum* sequence databases. Proc. 11th Int. Lupin Conf. Guadalajara, Jalisco, Mexico, 4–9 May, 2005, 51–54.
- Wolko B., Weeden N.F., 1994. Linkage map of isozyme and RAPD markers for the *Lupinus angustifolius* L., Proc. 7th Int. Lupin Conf., Evora, Portugal, 18–23 April 1993, 42–49.
- Yang H., Boersma J.G., You M., Buirchell B.J., Sweetingham M.W., 2004. Development and implementation of a sequence specific PCR marker linked to a gene conferring resistance to anthracnose disease in narrow – leafed lupin (*Lupinus angustifolius* L.). Molecular Breeding, 14, 145–151.
- Zgagacz S.E., Rybczynski J.J., 1994. Wykorzystanie niedojrzałych zarodków łubinu zmiennego (*L. mutabilis* Sweet) do wegetatywnego mnożenia. Prace Ogródu Botanicznego PAN, Zeszyt 5/6, 445.
- Zimniak-Przybylska Z., Przybylska J., 1997. Electrophoretic seed globulin patterns in some World *Lupinus* species. Genetic Resources and Crop Evolution, 44, 57–62.
- Zoga M., Pawelec A., Galek R., Sawicka-Sienkiewicz E., 2008. Morphological, cytological and molecular characteristic of parents and interspecific hybrid (*Lupinus mutabilis* LM-13 x *Lupinus albus* sensu lato). Proc. of the 12th Int. Conf., Fremantle, Western Australia, 14–18 September 2008, 173–176.

8. ZAŁĄCZNIK

Gatunki Starego Świata, liczba ich chromosomów (2n), zawartość 2C DNA, występowanie
Old World species, chromosome numbers, 2C DNA content, distribution

Grupa i sekcja Group and Section	Gatunki Species	Synonimy botaniczne Botanical synonyms	2n/2C DNA	Naturalne występowanie Natural distribution	Status udomowienia Domestication status
1	2	3	4	5	6
GLADKONASIENNE ALBUS	<i>L. albus</i> L.	<i>L. termis</i> Forsk <i>L. varius</i> Gaertn. <i>L. sativus</i> Gater. <i>L. hirsutus</i> Eichw.			
	<i>var. albus</i>	<i>L. albus</i> L. <i>L. albus</i> L. subsp. <i>albus</i> <i>L. albus</i> L. <i>var. termis</i> (Forsk)	50/1,14	Europa, Bliski Wschód, Północna Afryka Basen Morza Śródziemnego	Wcześniej uprawiany, udomowiony ponad 3000 lat temu, obecnie tylko jako roślina uprawna
	<i>var. graecus</i> (Boiss.&Sprun.) Gladst.	<i>L. graecus</i> (Boiss.&Sprun.) <i>L. jugoslavicus</i> Kazim. & Now. <i>L. vavilovi</i> Atab. & Maiss	50/1,13- 1,14	Północna część Basenu Morza Śródziemnego Grecja, Kreta, Jugosławia, Albania	Dziki
ANGUSTIFOLIUS	<i>L. angustifolius</i>	<i>L. varius</i> L., <i>L. linifolius</i> Roth, <i>L. reticulatus</i> Desv., <i>L. leucospermus</i> Boiss., <i>L.</i> <i>opstanthus</i> Atab.&Maiss.	40/1,89	Zachodnia część Półwyspu Iberyjskiego do delty Nilu, wybrzeże Morza Śródziemnego	Proces udomowienia rozpoczął się w połowie XIX w., roślina uprawna
LUTEUS	<i>L. luteus</i>		52/2,40	Atlantyckie wybrzeże Półwyspu Iberyjskiego, wybrzeże Izraela i Libanu, Madera, Azory	Uprawiany w Europie już w XVI w., roślina uprawna
	<i>L. hispanicus</i> Boiss.&Reut. subsp. <i>hispanicus</i>		52/2,15	Południowa i centralna Hiszpania	Dziki
	<i>L. hispanicus</i> subsp. <i>bicolor</i> (Merino) Gladst.	<i>L. rothmaleri</i>	52/2,14	Centralna i północno- zachodnia Hiszpania oraz centralna i północna Portugalia	Dziki
	<i>L. x hispanicoluteus</i> Swiec. et. Swiec.				Mieszanec międzygatunkowy
MICRANTHUS	<i>L. micranthus</i> Guss.	<i>L. hirsutus</i>	52/0,98	Basen Morza Śródziemnego	Dziki

Tabela 1 cd.
Table 1 cont.

1	2	3	4	5	6
SZORSTIKONASIENNE					
PILOSUS	<i>L. pilosus</i> Murr.	<i>L. hirsutus</i> L., <i>L. varius</i> L., <i>L. varius</i> ssp. <i>orientalis</i>	42/1,36	Wschodnie wybrzeże Morza Śródziemnego od Grecji do Izraela	Dziki, od XVI w. znany jako roślina ozdobna, ostatnio udomowiony w Australii
	<i>L. anatolicus</i> Swiec.et. Swiec.		42/1,61	Zachodnia Turcja	Gatunek ten opisany przez Święcickiego i in. [1994, 1996] jest zbliżony morfologicznie do grupy lubinów szorstkonasiennych, ale różni się gładką łupiną nasienneą, a także składem alkaloidów i zmiennością izoenzymów
ATLANTICUS	<i>L. palaestinus</i> Boiss.		42/1,39	Centrum i południe Izraela	Dziki, próby udomawiania
	<i>L. cosentinii</i> Guss.	<i>L. hirsutus</i> Black, <i>L. digitatus</i> Lojac., <i>L. pilosus</i> ssp. <i>cosentinii</i> , <i>L. varius</i>	32/1,42	Przybrzeżne równiny północnej Afryki, południowa część półwyspu Iberyjskiego	Ostatnio udomowiony
	<i>L. atlanticus</i> Gladst.		38/1,61	Maroko i Góry Atlasu	Dziki, próby udomawiania na drodze krzyżowania oddalonego
PRINCEI	<i>L. digitatus</i> Forsk.		36/1,37	Półpustynne i pustynne tereny Sahary	Dziki, próby udomawiania na drodze krzyżowania oddalonego
SOMALIENSIS	<i>L. princei</i> Harms		38/0,97	Wyżyny Kenii, Tanzania, Etiopia	Dziki
	<i>L. somaliensis</i> Baker			Obecnie nie występuje w stanie żywym, znalezione we Wschodniej Afryce	Gatunek znany tylko ze zbiorów zielnikowych

Tabela 2
Table 2

Pochodzenie analizowanych genotypów łubinu – przedstawicieli sekcji *Albus*,
Angustifolius, *Mutabili*, *Luteus* oraz *Pilosus* w pierwszej serii doświadczeń
Origin of analysed genotypes – representatives of *Albus*, *Angustifolius*, *Mutabili*,
Luteus and *Pilosus* section of the first series experiments

Lp. No.	Sekcja Section	Gatunek Species	Genotypy Genotypes	Pochodzenie Origin
1.	<i>Albus</i>	<i>Lupinus albus</i>	'Butan'	Polska SHR Wiatrowo
2.	<i>Angustifolius</i>	<i>Lupinus angustifolius</i>	'GRAF'	Polska SHR Przebędowo
3.	<i>Angustifolius</i>	<i>Lupinus angustifolius</i>	'EMIR'	Polska SHR Przebędowo
4.	<i>Angustifolius</i>	<i>Lupinus angustifolius</i>	'ELF'	Polska SHR Przebędowo
5.	<i>Mutabili</i>	<i>Lupinus mutabilis</i>	LM.34	Francja INRA, Lusignam
6.	<i>Mutabili</i>	<i>Lupinus mutabilis</i>	XM. 5	Niemcy
7.	<i>Mutabili</i>	<i>Lupinus mutabilis</i>	POP.15	Niemcy
8.	<i>Mutabili</i>	<i>Lupinus mutabilis</i>	'Potosi'	Portugalia
9.	<i>Luteus</i>	<i>Lupinus hispanicus subsp. hispanicus</i>	PI 385134	Hiszpania
10.	<i>Pilosus</i>	<i>Lupinus pilosus</i>	PI 11424	Turcja
11.	<i>Pilosus</i>	<i>Lupinus pilosus</i>	PI 491183	Turcja
12.	<i>Pilosus</i>	<i>Lupinus pilosus</i>	PI 249758	Grecja – Kreta
13.	<i>Pilosus</i>	<i>Lupinus palaestinus</i>	PI 15616	Izrael
14.	<i>Atlanticus</i>	<i>Lupinus cosentinii</i>	PI 32530	Polska
15.	<i>Atlanticus</i>	<i>Lupinus cosentinii</i>	PI 32533	Polska
16.	<i>Atlanticus</i>	<i>Lupinus cosentinii</i>	PI 32534	Polska
17.	<i>Atlanticus</i>	<i>Lupinus cosentinii</i>	PI 32535	Polska
18.	<i>Atlanticus</i>	<i>Lupinus atlanticus</i>	PI 384612	Maroko
19.	<i>Atlanticus</i>	<i>Lupinus atlanticus</i>	PI 386413	Maroko
20.	<i>Atlanticus</i>	<i>Lupinus atlanticus</i>	PI 384613	Maroko

PI Plant Introduction number – numer introdukcyjny w kolekcji Washington State University, skąd pochodziły materiały

Tabela 3
Table 3

Pochodzenie analizowanych genotypów łubinu – przedstawicieli sekcji Mutabili w drugiej serii doświadczeń
Origin of analysed genotypes – representatives of Mutabili section of the second series experiments

Lp. No.	<i>L. mutabilis</i> – genotyp <i>L. mutabilis</i> – genotype	Pochodzenie/rok uzyskania mutantu Origin/year of mutant obtained
1.	XM.5	Saatzucht, Rastatt, Niemcy
2.	XM.5 x KW	Własny mieszaniec (1996) KGHRiN
3.	Mut-160 x KW	Własny mieszaniec (1996) KGHRiN
4.	Mut-220	Własny mutant KGHRiN
5.	Mut-220 x KW	Własny mieszaniec (1996) KGHRiN
6.	LM.13	INRA, Lusignam, Francja
7.	LM.13 x KW	Własny mieszaniec (1995) KGHRiN
8.	LM.34	INRA, Lusignam, Francja
9.	Mut-45	Własny mutant KGHRiN
10.	LM.34 x Mut-45	Własny mieszaniec (1995) KGHRiN
11.	LM.34 x Mut-45	Własny mieszaniec (1996) KGHRiN
12.	XM.5 x KW	Własny mieszaniec (1996) KGHRiN

Tabela 4
Table 4

Pochodzenie analizowanych genotypów łubinu – przedstawicieli sekcji Albus i Mutabili w trzeciej serii doświadczeń
Origin of analysed genotypes – representatives of Albus and Mutabili section of the third series experiments

Lp. No.	Genotyp Genotype	Pochodzenie/rok wytworzenia mieszańca lub mutantu Origin/year of hybrid or mutant obtained
1.	<i>L. albus</i> 'WAT'	SHR Wiatrowo
2.	<i>L. mutabilis</i> Mut-136	Własny mutant KGHRiN
3.	<i>L. albus</i> 'WAT' x <i>L. mutabilis</i> Mut-136	Własny mieszaniec (1996) KGHRiN
4.	<i>L. termis</i>	SHR Wiatrowo nr kat. 095631
5.	<i>L. mutabilis</i> XM.5	Saatzucht, Rastatt, Niemcy
6.	<i>L. termis</i> x <i>L. mutabilis</i> XM.5	Własny mieszaniec (1995) KGHRiN
7.	<i>L. mutabilis</i> Mut-628	Własny mutant KGHRiN
8.	<i>L. termis</i> x <i>L. mutabilis</i> Mut-628	Własny mieszaniec (1995) KGHRiN
9.	<i>L. termis</i> x <i>L. mutabilis</i> KW	Własny mieszaniec (1996) KGHRiN
10.	<i>L. vavilovi</i>	SHR Wiatrowo nr kat. 095671
11.	<i>L. mutabilis</i> Mut-45	Własny mutant KGHRiN
12.	<i>L. vavilovi</i> x <i>L. mutabilis</i> Mut-45	Własny mieszaniec (1995) KGHRiN
13.	<i>L. mutabilis</i> LM.34	INRA, Lusignam, Francja
14.	<i>L. vavilovi</i> x <i>L. mutabilis</i> LM.34	Własny mieszaniec (1995)
15.	<i>L. mutabilis</i> XM.5 x <i>L. vavilovi</i>	Własny mieszaniec (1995)
16.	<i>L. mutabilis</i> LM.13	INRA, Lusignam, Francja
17.	<i>L. graecus</i>	SHR Wiatrowo nr kat. 095602
18.	<i>L. mutabilis</i> LM.13 x <i>L. graecus</i>	Własny mieszaniec (1996) KGHRiN
19.	<i>L. mutabilis</i> LM.13 x <i>L. graecus</i>	Własny mieszaniec (1995) KGHRiN

Tabela 5a
Table 5a

Średnie kwadraty zmienności cech wybranych gatunków tubinu
The mean squares of variability of traits for investigated wild and cultivated lupin genotypes

Zródło zmienności Source of variability	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Wysokość rośliny Height of the plant	Wysokość pędu głównego Height of the main stem	Długość kwiatostanu pędu głównego Inflorescence length of main stem	Liczba rozgałęzień bocznych Lateral branches no.	Liczba związanych strąków na pędzie głównym Pods no. on the main stem	Indeks plodności na pędzie głównym Harvest index of the main stem	Długość kwiatostanu pędu bocznego Inflorescence length of the lateral branch	Liczba strąków na pędzie bocznym Pods no. on the lateral branch	Indeks plodności na pędzie bocznym Harvested index on the lateral branch	Liczba strąków z pędów bocznych Pods no. from lateral branches	Liczba strąków z rośliny Pods no. per plant	Masa tysiąca nasion Weight of 1000 seeds
Lata (L) Years (Y)	2	8346,59**	5508,7**	337,22**	8,95**	229,07**	319,17**	158,4**	22,33**	523,75**	748,43**	1680,97**	49512**
Powtórzenia x lata Replications x years	6	456,13	138,08	9,07	1,09	34,97	241,32	7,92	9,31	166,23	259,28	435,01	1139
Genotypy (G) Genotypes (G)	19	1316,71**	2340,59**	226,37**	11,53**	117,36**	1085,25**	71,16**	11,84**	1644,28**	413,4**	442,37**	216498,3**
Interakcja (G x L) Interaction (G x Y)	38	209,31**	141,29**	16,16**	1,27**	10,63**	241,79**	9,05**	2,29	277,99**	77,8*	86,78**	4009,63**
Błąd Error	114	37,03	38,10	4,10	0,47	4,11	62,25	3,05	1,70	93,27	39,66	52,13	712,92

* – istotne na poziomie $\alpha = 0,05$; significant at the level $\alpha = 0,05$ ** – istotne na poziomie $\alpha = 0,01$; significant at the level $\alpha = 0,01$

Tabela 5b
Table 5b

Średnie kwadraty zmienności cech wybranych dzikich i uprawnych gatunków łubinu
The mean squares of variability of traits for investigated wild and cultivated lupin genotypes

Zródło zmienności Source of variability	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Wschody Emergence	Pierwsza para liści 1st pair of leaves	Pąkowanie na pedzle głównym Budding on the main stem	Kwitnienie na pedzle głównym Flowering on the main stem	Kwitnienie na pedach bocznych Flowering on lateral branches	Związywanie strąków na pedzle głównym Pods setting from the main stem	Związywanie strąków na pedach bocznych Pods setting from lateral branches	Długość okresu wegetacji Vegetation period
Lata (L) Years (Y)	2	365,06**	391,21**	175,06**	1288,62**	1171,56**	1758,43**	1466,43**	237,75
Powtórzenia x lata Replications x years	6	2,27	4,62	5,14	6,06	300,54	10,50	105,35	226,16
Genotypy (G) Genotypes (G)	19	28,46**	49,87**	887,11**	978,27**	1382,63**	1310**	1928,32**	1779,57**
Interakcja (G x L) Interaction (G x Y)	38	11,38**	7,5**	47,14**	27,19**	54,39**	20,14**	45,21**	106,98
Błąd Error	114	0,49	0,79	7,05	3,83	10,69	3,73	21,92	115,07

Średnie wartości ocenianych cech badanych dzikich i uprawnych gatunków łubinu
The mean values of evaluated characters of studied wild and cultivated lupin species

Lp.	Genotyp Genotype	Wysokość rośliny Height of the plant (cm)					Wysokość pędu głównego Height of the main stem (cm)					Liczba rozgałęzień bocznych Lateral branches no.							
		Średnia		Max	SD	V (%)	Średnia		Max	SD	V (%)	Średnia		Min	Max	SD	V (%)		
		e	d				c	d				d	b	a					
1.	<i>L. albus</i> 'Butan'	47,4	e	39,0	60,0	6,3	13,3	33,9	d	28,0	41,0	4,3	12,7	3,1	d	2,0	5,0	0,8	25,8
2.	<i>L. angustifolius</i> 'GRAF'	60,8	d	52,0	69,0	4,9	8,1	52,6	c	45,0	61,0	5,9	11,2	5,4	b	3,0	7,0	1,5	27,8
3.	<i>L. angustifolius</i> 'EMIR'	59,7	d	49,0	67,0	7,6	12,7	55,8	c	38,0	98,0	18,1	32,4	5,3	b	3,0	7,0	1,5	28,3
4.	<i>L. angustifolius</i> 'ELF'	45,3	e	35,0	55,0	6,8	15,0	38,9	d	29,0	49,0	7,2	18,5	4,4	c	3,0	6,0	1,0	22,7
5.	<i>L. mutabilis</i> LM. 34	97,2	a	81,0	135,0	19,2	19,8	86,6	a	69,0	114,0	15,4	17,8	3,2	d	2,0	4,0	0,7	21,9
6.	<i>L. mutabilis</i> XM. 5	77,8	b	65,0	117,0	16,1	20,7	66,4	b	47,0	91,0	13,2	19,9	3,4	d	3,0	4,0	0,5	14,7
7.	<i>L. mutabilis</i> POP. 15	98,1	a	76,0	129,0	18,2	18,6	84,2	a	64,0	105,0	12,6	15,0	3,2	d	3,0	4,0	0,4	12,5
8.	<i>L. mutabilis</i> 'Potosi'	84,6	b	64,0	127,0	20,7	24,5	71,6	b	53,0	100,0	15,5	21,6	4,6	c	3,0	6,0	0,9	19,6
9.	<i>L. hispanicus</i> subsp. <i>hispanicus</i>	57,1	d	53,0	62,0	3,4	6,0	49,4	c	41,0	56,0	5,2	10,5	6,6	a	5,0	11,0	2,0	30,3
10.	<i>L. pilosus</i> PI 11424	69,8	c	58,0	87,0	10,7	15,3	63,2	b	51,0	75,0	9,5	15,0	3,4	d	2,0	6,0	1,1	32,4
11.	<i>L. pilosus</i> PI 491183	74,1	c	54,0	99,0	15,5	20,9	67,4	b	49,0	82,0	13,5	20,0	3,2	d	3,0	4,0	0,4	12,5
12.	<i>L. pilosus</i> PI 249758	66,2	c	47,0	83,0	11,1	16,8	62,6	b	47,0	74,0	8,5	13,6	2,9	d	2,0	3,0	0,3	10,3
13.	<i>L. palaestinus</i> PI 15616	71,0	c	52,0	96,0	15,7	22,1	63,3	b	48,0	87,0	13,7	21,6	3,3	d	3,0	4,0	0,5	15,2
14.	<i>L. cosentinii</i> PI 32530	66,6	c	51,0	82,0	11,0	16,5	38,3	d	27,0	46,0	6,1	15,9	3,2	d	3,0	4,0	0,4	12,5
15.	<i>L. cosentinii</i> PI 32533	64,0	c	39,0	88,0	16,8	26,3	39,8	d	24,0	53,0	10,3	25,9	2,9	d	2,0	4,0	0,6	20,7
16.	<i>L. cosentinii</i> PI 32534	66,8	c	35,0	87,0	17,1	25,6	38,6	d	24,0	55,0	10,1	26,2	3,0	d	2,0	4,0	0,5	16,7
17.	<i>L. cosentinii</i> PI 32535	58,1	d	35,0	76,0	14,2	24,4	35,4	d	26,0	46,0	6,7	18,9	2,9	d	2,0	3,0	0,3	10,3
18.	<i>L. atlanticus</i> PI 384612	43,4	e	17,0	60,0	15,5	35,7	39,7	d	17,0	51,0	12,2	30,7	2,3	e	2,0	3,0	0,5	21,7
19.	<i>L. atlanticus</i> PI 384613	44,8	e	18,0	59,0	15,3	34,2	43,4	d	18,0	55,0	14,3	32,9	2,3	e	2,0	3,0	0,5	21,7
20.	<i>L. atlanticus</i> PI 384613	46,7	e	20,0	71,0	17,2	36,8	45,4	d	20,0	65,0	15,6	34,4	2,3	e	1,0	4,0	0,9	39,1
Średnia ogólna – Mean average		65,0						53,8						3,5					
Średnia 2005 – Mean in 2005		51,9						43,0						3,2					
Średnia 2004 – Mean in 2004		68,3						57,4						3,6					
Średnia 2003 – Mean in 2003		74,7						61,2						3,9					
V (%) – CV %		24,7						30,0						32,6					
NIR dla lat – LSD for years		13,1						18,0						1,2					
NIR dla genotypów – LSD for genotypes		5,7						5,8						0,6					

a,b,c ... – grupy jednorodnie wg testu Hauße Geidel'a
a,b,c ... – homogenous groups based on Hauße Geidel's

Tabela 6b
Table 6b

Średnie wartości ocenianych cech badanych dzikich i uprawnych gatunków łubinu
The mean values of evaluated characters of studied wild and cultivated lupin species

Lp.	Genotyp Genotype	Ped główny – Main stem														
		Długość kwiatostanu Inflorescence length (cm)						Liczba strąków Pods no.								
		Srednia	Min	Max	SD	V (%)	Srednia	Min	Max	SD	V (%)	Srednia	Min	Max	SD	V (%)
1.	<i>L. albus</i> 'Butan'	9,6	2,0	5,0	0,8	8,3	7,1	5,0	8,0	1,1	15,5	44,3	31,0	66,0	9,4	21,2
2.	<i>L. angustifolius</i> 'GRAF'	18,7	3,0	7,0	1,5	8,0	9,1	8,0	11,0	1,1	12,1	39,2	31,0	47,0	5,3	13,5
3.	<i>L. angustifolius</i> 'EMIR'	17,2	3,0	7,0	1,5	8,7	8,2	6,0	10,0	1,2	14,6	42,6	36,0	58,0	8,6	20,2
4.	<i>L. angustifolius</i> 'ELF'	17,0	3,0	6,0	1,0	5,9	8,4	7,0	10,0	1,0	11,9	40,4	31,0	73,0	13,8	34,2
5.	<i>L. mutabilis</i> LM. 34	25,6	2,0	4,0	0,7	2,7	17,6	11,0	23,0	3,5	19,9	43,4	37,0	59,0	6,7	15,4
6.	<i>L. mutabilis</i> XM. 5	22,0	3,0	4,0	0,5	2,3	13,7	7,0	21,0	5,9	43,1	34,1	22,0	49,0	11,3	33,1
7.	<i>L. mutabilis</i> POP. 15	27,3	3,0	4,0	0,4	1,5	12,2	7,0	15,0	2,8	23,0	31,2	23,0	43,0	6,7	21,5
8.	<i>L. mutabilis</i> 'Potosi'	25,0	3,0	6,0	0,9	3,6	15,3	8,0	24,0	5,6	36,6	37,2	24,0	53,0	11,4	30,6
9.	<i>L. hispanicus</i> subsp.hisp.	9,8	5,0	11,0	2,0	20,4	6,9	4,0	10,0	2,0	29,0	40,1	22,0	72,0	16,8	41,9
10.	<i>L. pilosus</i> PI 11424	18,6	2,0	6,0	1,1	5,9	7,6	6,0	10,0	1,3	17,1	34,0	25,0	40,0	5,5	16,2
11.	<i>L. pilosus</i> PI 491183	20,3	3,0	4,0	0,4	2,0	10,0	3,0	15,0	4,2	42,0	36,6	20,0	49,0	8,6	23,5
12.	<i>L. pilosus</i> PI 249758	19,1	2,0	3,0	0,3	1,6	9,2	5,0	13,0	2,4	26,1	31,7	23,0	41,0	5,6	17,7
13.	<i>L. palaestinus</i> PI 15616	17,0	3,0	4,0	0,5	2,9	6,1	4,0	8,0	1,3	21,3	34,2	28,0	41,0	4,9	14,3
14.	<i>L. cosentinii</i> PI 32530	11,3	3,0	4,0	0,4	3,5	9,1	6,0	13,0	2,7	29,7	52,3	28,0	75,0	17,6	33,7
15.	<i>L. cosentinii</i> PI 32533	14,7	2,0	4,0	0,6	4,1	12,3	4,0	17,0	4,6	37,4	54,7	18,0	81,0	20,3	37,1
16.	<i>L. cosentinii</i> PI 32534	15,3	2,0	4,0	0,5	3,3	12,4	8,0	18,0	3,5	28,2	51,7	38,0	60,0	7,7	14,9
17.	<i>L. cosentinii</i> PI 32535	13,1	2,0	3,0	0,3	2,3	12,8	9,0	18,0	2,9	22,7	59,1	45,0	74,0	10,5	17,8
18.	<i>L. atlanticus</i> PI 384612	16,2	2,0	3,0	0,5	3,1	11,4	9,0	14,0	2,3	20,2	50,6	45,0	55,0	4,5	8,9
19.	<i>L. atlanticus</i> PI 386413	21,2	2,0	3,0	0,5	2,4	17,6	12,0	21,0	2,8	15,9	70,4	49,0	85,0	12,5	17,8
20.	<i>L. atlanticus</i> PI 384613	22,4	1,0	4,0	0,9	4,0	16,9	13,0	21,0	2,8	16,6	61,9	47,0	72,0	7,8	12,6
Srednia ogólna – Mean average		18,1				11,2					44,5					
Srednia 2005 – Mean in 2005		15,4				9,7					42,8					
Srednia 2004 – Mean in 2004		19,2				13,4					47,1					
Srednia 2003 – Mean in 2003		19,7				10,5					43,6					
V (%) – CV %		27,7				32,3					24,7					
NIR dla lat – LSD for years		5,5				4,0					12,3					
NIR dla genotypów – LSD for genotypes		1,9				1,9					7,4					

Średnie wartości ocenianych cech badanych dzikich i uprawnych gatunków łubinu
The mean values of evaluated characters of studied wild and cultivated lupin species

Lp.	Genotyp	Pęd boczny – Lateral branch																		
		Długość kwiatostanu						Liczba strąków												
		Inflorescence length (cm)		V (%)		Pods no.		Harvest index (%)		V (%)										
Srednia	Min	Max	SD	V (%)	Srednia	Min	Max	SD	V (%)	Srednia	Min	Max	SD	V (%)						
1.	<i>L. albus</i> 'Butan'	5,3	4,0	7,0	0,9	17,0	3,1	2,0	3,0	0,3	9,7	31,9	b	27,0	44,0	5,2	16,3			
2.	<i>L. angustifolius</i> 'GRAF'	6,8	4,0	10,0	2,3	33,8	4,8	b	3,0	6,0	1,1	22,9	49,3	b	34,0	80,0	13,6	27,6		
3.	<i>L. angustifolius</i> 'EMIR'	8,3	b	4,0	11,0	2,8	33,7	4,5	b	3,0	5,0	0,7	15,6	44,2	b	31,0	71,0	15,2	34,4	
4.	<i>L. angustifolius</i> 'ELF'	8,0	b	4,0	11,0	2,5	31,3	4,6	b	4,0	5,0	0,5	10,9	42,3	b	29,0	80,0	16,4	38,8	
5.	<i>L. mutabilis</i> LM. 34	8,6	b	6,0	12,0	2,0	23,3	4,8	b	2,0	8,0	2,1	43,8	30,4	b	15,0	53,0	12,7	41,8	
6.	<i>L. mutabilis</i> XM. 5	12,8	a	10,0	17,0	2,0	15,6	6,0	b	3,0	9,0	1,7	28,3	23,1	c	14,0	36,0	6,5	28,1	
7.	<i>L. mutabilis</i> POP. 15	12,7	a	9,0	18,0	3,0	23,6	6,0	b	4,0	8,0	1,3	21,7	24,7	b	17,0	30,0	4,1	16,6	
8.	<i>L. mutabilis</i> 'Potosi'	14,9	a	11,0	20,0	3,3	22,1	5,8	b	3,0	9,0	1,7	29,3	20,6	c	14,0	25,0	4,6	22,3	
9.	<i>L. hispanicus subsp. hisp.</i>	5,9	c	4,0	9,0	2,0	33,9	5,6	b	3,0	9,0	1,6	28,6	40,0	b	22,0	66,0	12,8	32,0	
10.	<i>L. pilosus</i> PI 11424	11,1	b	7,0	14,0	3,0	27,0	4,9	b	3,0	7,0	1,1	22,4	29,6	b	19,0	41,0	6,5	22,0	
11.	<i>L. pilosus</i> PI 491183	10,9	b	7,0	14,0	2,0	18,3	5,4	b	4,0	7,0	0,9	16,7	31,1	b	19,0	38,0	6,5	20,9	
12.	<i>L. pilosus</i> PI 249758	9,7	b	2,0	16,0	4,7	48,5	3,9	b	2,0	6,0	1,6	41,0	22,1	c	11,0	31,0	6,2	28,1	
13.	<i>L. palaestinus</i> PI 15616	9,8	b	5,0	18,0	4,0	40,8	4,3	b	2,0	7,0	1,5	34,9	34,6	b	27,0	44,0	5,5	15,9	
14.	<i>L. cosentinii</i> PI 32530	5,2	c	3,0	9,0	2,0	38,5	5,7	b	4,0	7,0	1,0	17,5	60,6	a	40,0	83,0	17,9	29,5	
15.	<i>L. cosentinii</i> PI 32533	6,3	c	5,0	10,0	1,6	25,4	7,9	a	3,0	11,0	2,1	26,6	60,9	a	24,0	78,0	15,4	25,3	
16.	<i>L. cosentinii</i> PI 32534	6,9	c	4,0	8,0	1,5	21,7	7,6	a	4,0	10,0	2,1	27,6	59,3	a	33,0	75,0	12,7	21,4	
17.	<i>L. cosentinii</i> PI 32535	4,8	c	4,0	7,0	1,0	20,8	5,9	b	4,0	9,0	1,8	30,5	60,1	a	29,0	79,0	17,7	29,5	
18.	<i>L. atlanticus</i> PI 384612	6,3	c	4,0	8,0	1,7	27,0	4,3	b	1,0	7,0	2,3	53,5	36,7	b	10,0	60,0	19,3	52,6	
19.	<i>L. atlanticus</i> PI 386413	8,1	b	4,0	13,0	3,4	42,0	4,2	b	2,0	6,0	1,7	40,5	28,3	b	14,0	55,0	12,6	44,5	
20.	<i>L. atlanticus</i> PI 384613	9,8	b	7,0	14,0	2,2	22,4	5,8	b	3,0	8,0	1,5	25,9	32,7	b	26,0	49,0	8,3	25,4	
Srednia ogólna – Mean average		8,6					5,3											38,1		
Srednia 2005 – Mean in 2005		6,80					4,60											37,03		
Srednia 2004 – Mean in 2004		9,06					5,78											41,46		
Srednia 2003 – Mean in 2003		9,95					4,93											35,86		
V (%) – CV %		32,8					22,0											35,5		
NIR dla lat – LSD for years		3,2					1,2											15,0		
NIR dla genotypów – LSD for genotypes		1,63					1,2											9,0		

Tabela 6d
Table 6d

Średnie wartości ocenianych cech badanych dzikich i uprawnych gatunków łubinu
The mean values of evaluated characters of studied wild and cultivated lupin species

Lp.	Genotyp	Liczba straków z pędów bocznych Pods no. from lateral branches						Liczba straków z rośliny Pods no. per plant						Masa tysiąca nasion Weight of 1000 seeds (g)									
		Srednia		SD		V (%)		Srednia		SD		V (%)		Srednia		Min		Max		SD		V (%)	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
1.	<i>L. albus</i> 'Butan'	9,7	14,0	2,3	23,7	16,8	11,0	22,0	3,3	19,6	256,0	456,0	73,1	28,6									
2.	<i>L. angustifolius</i> 'GRAF'	25,7	43,0	12,8	49,8	34,7	20,0	52,0	13,6	39,2	146,6	188,0	21,4	14,6									
3.	<i>L. angustifolius</i> 'EMIR'	23,8	38,0	10,3	43,3	31,8	21,0	47,0	11,0	34,6	138,3	188,0	18,5	13,4									
4.	<i>L. angustifolius</i> 'ELF'	20,4	34,0	7,0	34,3	28,9	20,0	44,0	7,8	27,0	128,4	149,0	12,2	9,5									
5.	<i>L. mutabilis</i> LM. 34	15,3	30,0	7,8	51,0	32,8	23,0	49,0	8,5	25,9	143,2	161,0	14,1	9,8									
6.	<i>L. mutabilis</i> XM. 5	20,4	31,0	6,9	33,8	34,1	17,0	52,0	11,4	33,4	133,8	189,0	22,6	16,9									
7.	<i>L. mutabilis</i> POP. 15	19,3	34,0	7,1	36,8	31,3	19,0	47,0	8,9	28,4	145,7	148,0	8,6	5,9									
8.	<i>L. mutabilis</i> 'Potosi'	26,7	49,0	12,6	47,2	42,1	22,0	69,0	17,4	41,3	124,3	156,0	15,9	12,8									
9.	<i>L. hispanicus subsp. hisp.</i>	36,9	59,0	13,0	35,2	43,9	29,0	68,0	13,1	29,8	61,8	78,0	11,4	18,4									
10.	<i>L. pilosus</i> PI 11424	16,6	38,0	8,6	51,8	24,0	14,0	46,0	9,1	37,9	546,1	490,0	79,5	14,6									
11.	<i>L. pilosus</i> PI 491183	17,2	38,0	4,1	23,8	27,1	13,0	38,0	8,1	29,9	333,4	447,0	46,2	13,9									
12.	<i>L. pilosus</i> PI 249758	11,4	21,0	5,6	49,1	20,9	9,0	31,0	6,9	33,0	527,7	625,0	71,7	13,6									
13.	<i>L. palaestinus</i> PI 15616	14,3	32,0	7,2	50,3	20,7	13,0	41,0	8,6	41,5	546,8	413,0	124,1	22,7									
14.	<i>L. cosentinii</i> PI 32530	18,1	30,0	5,2	28,7	26,9	17,0	38,0	6,4	23,8	276,9	240,0	321,0	26,3	9,5								
15.	<i>L. cosentinii</i> PI 32533	22,9	51,0	11,2	48,9	35,2	13,0	59,0	11,9	33,8	200,6	142,0	252,0	32,0	16,0								
16.	<i>L. cosentinii</i> PI 32534	22,9	36,0	8,1	35,4	35,2	16,0	48,0	10,6	30,1	204,6	139,0	246,0	35,4	17,3								
17.	<i>L. cosentinii</i> PI 32535	17,2	26,0	5,5	32,0	30,0	17,0	43,0	7,7	25,7	188,4	162,0	231,0	26,9	14,3								
18.	<i>L. atlanticus</i> PI 384612	9,8	18,0	5,8	59,2	21,0	11,0	31,0	7,9	37,6	254,1	203,0	325,0	36,6	14,4								
19.	<i>L. atlanticus</i> PI 386413	9,7	4,0	4,3	44,3	27,1	17,0	38,0	6,5	24,0	216,6	184,0	254,0	24,0	11,1								
20.	<i>L. atlanticus</i> PI 384613	13,4	6,0	5,4	40,3	30,4	23,0	40,0	6,4	21,1	216,3	203,0	258,0	19,2	8,9								
	Srednia ogólna – Mean average	18,6				29,7				239,5													
	Srednia 2005 – Mean in 2005	14,7				24,4				271,1													
	Srednia 2004 – Mean in 2004	21,6				35,0				219,0													
	Srednia 2003 – Mean in 2003	19,4				29,9				266,1													
	V (%) – CV %	36,5				23,6				60,1													
	NIR dla lat – LSD for years	7,5				7,7				172,7													
	NIR dla genotypów – LSD for genotypes	5,9				6,7				24,9													

Średnie wartości ocenianych cech badanych dzikich i uprawnych gatunków łubinu
The mean values of evaluated characters of studied wild and cultivated lupin species

Lp.	Genotyp Genotype	Wschody Emergence	Pierwsza para liści 1 st pair of leaves	Pakowanie na pędzie głównym Budding on the main stem	Kwitnienie na pędzie głównym Flowering on the main stem	Zawiązywanie strąków na pędzie głównym Pods setting on the main stem	Kwitnienie na pędach bocznych Flowering on lateral branches	Zawiązywanie strąków na pędach bocznych Pods setting on lateral branches	Długość okresu wegetacji Vegetation period
1.	<i>L. albus</i> 'Butan'	17,0	24,8	65,7	72,3	77,7	78,3	84,9	136,2
2.	<i>L. angustifolius</i> 'GRAF'	12,3	18,3	59,0	69,4	71,1	73,0	75,8	115,2
3.	<i>L. angustifolius</i> 'EMIR'	12,7	19,1	58,4	68,9	70,6	72,8	76,1	114,6
4.	<i>L. angustifolius</i> 'ELF'	12,3	18,4	58,3	69,2	70,7	72,9	75,4	113,6
5.	<i>L. mutabilis</i> LM. 34	17,2	25,7	76,8	93,2	99,2	107,1	119,3	143,0
6.	<i>L. mutabilis</i> XM. 5	17,3	24,6	72,2	89,3	94,9	101,9	114,7	141,0
7.	<i>L. mutabilis</i> POP. 15	17,4	27,2	76,7	93,6	100,1	106,6	119,0	144,9
8.	<i>L. mutabilis</i> 'Potosi'	17,0	25,3	75,6	89,2	95,2	101,2	113,6	145,7
9.	<i>L. hispanicus</i> subsp.hisp.	14,0	21,8	101,6	109,2	117,0	115,3	119,0	156,3
10.	<i>L. pilosus</i> PI 11424	18,0	21,9	74,8	84,2	90,0	95,0	99,4	153,7
11.	<i>L. pilosus</i> PI 491183	16,7	21,6	90,1	99,3	106,8	110,1	120,3	149,2
12.	<i>L. pilosus</i> PI 249758	16,0	21,0	72,0	79,9	83,9	89,6	98,4	133,8
13.	<i>L. palaestinus</i> PI 15616	17,3	21,8	75,2	83,1	87,4	94,0	102,7	153,0
14.	<i>L. cosentinii</i> PI 32530	15,2	20,4	68,8	76,7	81,3	84,7	91,2	128,9
15.	<i>L. cosentinii</i> PI 32533	16,0	21,4	70,6	78,4	82,4	88,2	95,3	127,1
16.	<i>L. cosentinii</i> PI 32534	16,0	21,4	70,6	79,2	82,9	88,8	96,7	127,9
17.	<i>L. cosentinii</i> PI 32535	15,7	21,4	69,3	78,0	82,0	86,4	93,4	130,1
18.	<i>L. atlanticus</i> PI 384612	17,7	22,1	74,2	81,8	84,9	92,3	101,4	121,8
19.	<i>L. atlanticus</i> PI 386413	16,7	21,8	73,1	79,9	83,2	88,9	96,9	118,3
20.	<i>L. atlanticus</i> PI 384613	16,8	21,6	73,0	80,1	83,1	90,2	101,0	119,1
Średnia ogólna – Mean average		16,0	22,1	72,8	82,7	87,2	91,9	99,7	133,7
Średnia 2005 – Mean in 2005		16,0	24,5	71,5	86,9	92,0	96,7	103,9	135,9
Średnia 2004 – Mean in 2004		18,4	22,0	74,7	83,7	88,4	90,9	101,1	133,0
Średnia 2003 – Mean in 2003		13,5	19,4	72,2	77,7	81,3	88,0	94,3	132,1
V (%) – CV %		11,1	10,7	13,7	12,6	13,8	13,5	14,7	10,5
NIR dla lat – LSD for years		2,0	2,6	11,1	11,7	13,5	13,9	16,2	15,6
NIR dla genotypów – LSD for genotypes		0,7	0,8	2,5	1,8	1,8	3,1	4,4	10,0

Tabela 7
Table 7

Współczynniki korelacji między analizowanymi cechami dzikich i uprawnych gatunków łubinu
Correlation coefficients between analysed traits of wild and cultivated lupin species

Cechy Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
2	0,87*																			
3	0,17*	0,11																		
4	0,75*	0,62*	-0,04																	
5	0,19*	0,14	-0,20*	0,50*																
6	0,02	-0,02	0,12	0,13	0,16*															
7	0,11	0,20*	-0,09	0,15*	0,06	-0,28*														
8	-0,07	-0,07	-0,14	0,04	0,05	0,27*	0,27*													
9	-0,14	-0,18*	-0,01	0,12	0,49*	-0,41*	0,54*													
10	0,03	0,06	-0,10	0,02	0,08	-0,02*	0,29*	0,66*	0,29*											
11	0,12	0,13	-0,05	0,13	0,20*	0,36*	0,74*	0,25*	0,92*											
12	-0,25*	-0,21*	-0,22*	-0,18	0,03	-0,18*	0,05	-0,27*	-0,17*	-0,36*	-0,45*									
13	0,02	0,02	-0,11	0,00	0,06	0,00	0,10	0,11	-0,20*	-0,07	0,04	0,15*								
14	-0,06	-0,08	-0,13	-0,07	-0,15*	-0,15*	0,02	-0,03	-0,24*	-0,15*	-0,08	-0,09	0,55*							
15	-0,15*	-0,01	-0,21*	-0,15*	-0,14	-0,02	0,14	0,18*	-0,17*	0,20*	0,22*	0,01	0,27*	0,23*						
16	-0,16*	-0,06	-0,25*	-0,19*	-0,21*	-0,18*	0,13	0,12	-0,25*	0,15*	0,17*	-0,08	0,33*	0,57*	0,82*					
17	-0,16*	-0,05	-0,25*	-0,16*	-0,23*	-0,20*	0,20*	0,11	-0,29*	0,07	0,11	-0,02	0,34*	0,57*	0,76*	0,92*				
18	-0,15*	-0,05	-0,26*	-0,19*	-0,22*	-0,21*	0,15*	0,12	-0,25*	0,14	0,15*	-0,06	0,35*	0,59*	0,81*	0,98*	0,92*			
19	-0,14	-0,04	-0,25*	-0,17*	-0,22*	-0,21*	0,28*	0,14	-0,32*	0,04	0,11	-0,03	0,44*	0,61*	0,71*	0,88*	0,91*	0,90*		
20	-0,22*	-0,08	-0,26*	-0,26*	-0,20*	-0,31*	0,21*	0,00	-0,21*	0,08	0,01	0,27*	0,22*	0,33*	0,55*	0,60*	0,61*	0,63*	0,62*	

* istotne na poziomie $\alpha = 0,05$ – significant at the level $\alpha = 0,05$

1 – Wysokość pędu głównego – Height of the main stem

2 – Wysokość rośliny – Height of the plant

3 – Liczba rozgałęzień bocznych – Lateral branches no.

4 – Długość kwiatostanu pędu głównego – Inflorescence length of main stem

5 – Liczba zawiązanych strąków na pędzie głównym – Pods no. on the main stem

6 – Indeks płodności na pędzie głównym – Harvest index of the main stem

7 – Długość kwiatostanu pędu boczno – Inflorescence length of the lateral branch

8 – Liczba strąków na pędzie boczno – Pods no. on the lateral branch

9 – Indeks płodności na pędzie boczno – Harvest index on the lateral branch

10 – Liczba strąków z pędów bocznych – Pods no. from the lateral branches

11 – Liczba strąków z rośliny – Pods no. per plant

12 – Masa tysiąca nasion – Weight of 1000 seeds

13 – Wschody – Emergence

14 – Pierwsza para liści – 1st pair of leaves

15 – Pąkowanie na pędzie głównym – Budding on the main stem

16 – Kwitnienie na pędzie głównym – Flowering on the main stem

17 – Kwitnienie na pędach bocznych – Flowering on lateral branches

18 – Zawiązywanie strąków na pędzie głównym – Pods setting on the main stem

19 – Zawiązywanie strąków na pędach bocznych – Pods setting on lateral branches

20 – Długość okresu wegetacji – Vegetation period

Tabela 8a
Table 8a

Średnie kwadraty zmienności cech dla mieszańców wewnątrzgatunkowych łubinu andyjskiego i ich form rodzicielskich
The mean squares of variability of traits for investigated intraspecific hybrids of Andean lupin and their parental forms

Zródło zmienności Source of variability	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Wysokość rośliny Height of the plant	Wysokość pędu głównego Height of the main stem	Długość kwiatostanu pędu głównego Inflorescence length of main stem	Liczba rozgałęzień bocznych Lateral branches no.	Liczba związanych strąków na pędzie głównym Pods no. on the main stem	Indeks plodności na pędzie głównym Harvest index of the main stem	Długość kwiatostanu pędu boczego Inflorescence length of the lateral branch	Liczba strąków na pędzie bocznym Pods no. on the lateral branch	Indeks plodności na pędzie bocznym Harvest index on the lateral branch	Liczba strąków z pędów bocznych Pods no. from lateral branches	Liczba strąków z rośliny Pods no. per plant	Masa tysiąca nasion Weight of 1000 seeds
Lata (L) Years (Y)	2	12317,41**	5716,31**	406,16**	12,38**	596,55**	2715,98**	245,21**	27,56**	723,12**	234,83**	1531,25**	630,25*
Powtórzenia x lata Replications x years	6	114,56	108,77	25,55	1,44	16,62	61,69	21,75	3,38	55,48	92,77	174,36	237,16
Genotypy (G) Genotypes (G)	11	138,51*	265,82**	71,34**	2,39**	18,24**	80,88**	17,83*	9,95**	134,3**	80,49*	101,12*	5395,47**
Interakcja (G x L) Interaction (G x Y)	22	221,64**	96,22**	24,63**	1,02**	14,06**	49,08**	12,70	5,2**	56,63*	115,98**	150,31**	523,97**
Błąd Error	66	63,74	43,46	8,67	0,25	3,57	19,25	7,51	2,01	28,12	40,65	51,52	179,72

* istotne na poziomie $\alpha = 0,05$; significant at the level $\alpha = 0,05$

** istotne na poziomie $\alpha = 0,01$; significant at the level $\alpha = 0,01$

Tabela 8b
Table 8b

Średnie kwadraty zmienności cech mieszańców wewnątrzgatunkowych łubinu andyjskiego i ich form rodzicielskich
The mean squares of variability of traits for investigated interspecific hybrids of Andean lupin and their parental forms

Zródło zmienności Source of variability	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Wschody Emergence	Pierwsza para liści 1st pair of leaves	Pakowanie na pędzie głównym Budding on the main stem	Kwitnienie na pędzie głównym Flowering on the main stem	Kwitnienie na pędach bocznych Flowering on lateral branches	Zawiązywanie strąków na pędzie głównym Pods setting on the main stem	Zawiązywanie strąków na pędach bocznych Pods setting on lateral branches	Długość okresu wegetacji Vegetation period
Lata (L) Years (Y)	2	285,62**	723,78**	612,03**	817,68**	585,34**	275,56**	324,62**	1839,25**
Powtórzenia x lata Replications x years	6	38,09	1,92	6,74	13,63	20,63	57,31	33,97	170,25
Genotypy (G) Genotypes (G)	11	13,88**	2,99*	32,69**	35,28**	52,07*	87,27**	57,77**	61,97*
Interakcja (G x L) Interaction (G x Y)	22	7,56**	1,93	40,77**	9,39*	18,52	14,04	17,82	56,76*
Błąd Error	66	2,97	1,52	10,39	4,62	22,10	13,65	13,07	29,11

* istotne na poziomie $\alpha = 0,05$; significant at the level $\alpha = 0,05$

** istotne na poziomie $\alpha = 0,01$; significant at the level $\alpha = 0,01$

Średnie wartości cech ocenianych mieszańców wewnątrzgatunkowych lubinu andyjskiego oraz ich form rodzicielskich
The mean values of evaluated intraspecific hybrids of Andean lupin and their parental forms

Lp.	Genotyp Genotype	Wysokość rośliny Height of the plant (cm)				Wysokość pędu głównego Height of the main stem (cm)				Liczba rozgałęzień bocznych Lateral branches no.						
		Średnia	Min	Max	SD	V (%)	Średnia	Min	Max	SD	V (%)	Średnia	Min	Max	SD	V (%)
1.	XM.5	82,2	60,0	112,0	19,2	23,3	65,9	51,0	83,0	11,1	16,8	2,9	1,0	5,0	1,4	48,1
2.	XM.5 x KW	80,0	57,0	99,0	14,9	18,6	69,7	54,0	89,0	14,0	20,1	2,5	2,0	3,0	0,5	19,8
3.	Mut-160 x KW	85,6	68,0	109,0	13,0	15,2	76,0	64,0	92,0	10,2	13,4	3,7	3,0	5,0	0,7	18,8
4.	MUT-220	82,7	59,0	107,0	16,0	19,4	74,1	59,0	96,0	12,3	16,6	2,7	0,0	4,0	1,3	48,5
5.	MUT-220 x KW	88,0	65,0	125,0	18,9	21,5	75,8	59,0	100,0	13,4	17,7	3,6	1,0	5,0	1,2	33,7
6.	LM.13	91,9	71,0	133,0	24,8	27,0	76,4	58,0	113,0	18,7	24,5	3,4	2,0	5,0	0,9	26,2
7.	LM.13 x KW	85,6	58,0	119,0	20,5	23,9	72,4	55,0	107,0	16,3	22,5	3,2	2,0	5,0	0,9	28,5
8.	LM.34	88,2	56,0	129,0	24,0	27,2	73,2	50,0	97,0	15,1	20,6	3,5	2,0	5,0	0,9	25,4
9.	Mut-45	79,3	60,0	118,0	21,0	26,5	58,6	42,0	84,0	12,8	21,8	3,0	2,0	4,0	0,6	20,3
10.	LM.34 x Mut-45	82,3	63,0	104,0	17,3	21,0	64,4	45,0	74,0	9,3	14,5	4,1	3,0	5,0	0,9	21,9
11.	LM.34 x Mut-45	81,4	62,0	110,0	21,8	26,8	68,2	58,0	86,0	13,5	19,8	4,1	3,0	5,0	0,6	14,6
12.	XM.5 x KW	80,2	66,0	95,0	9,4	11,7	72,3	57,0	83,0	9,6	13,3	3,1	3,0	4,0	0,4	12,7
Średnia ogólna – Mean average		83,9					70,6					3,3				
Średnia 2005 – Mean in 2005		69,0					59,7					2,8				
Średnia 2004 – Mean in 2004		78,2					67,7					3,3				
Średnia 2003 – Mean in 2003		104,6					84,4					3,9				
V (%) – CV %		4,7					7,7					15,6				
N I R dla lat – LSD for years		7,5					6,2					0,5				
N I R dla genotypów LSD for genotypes		3,8					3,1					0,2				

Tabela 9b
Table 9b

Średnie wartości cech ocenianych mieszańców wewnątrzgatunkowych lubinu andyjskiego oraz ich form rodzicielskich
The mean values of evaluated intraspecific hybrids of Andean lupin and their parental forms

Lp.	Genotyp Genotype	Pełń główny – Main stem																	
		Długość kwiatostanu Inflorescence length (cm)					Liczba strąków Pods no.					Indeks zbioru Harvest index (%)							
		Średnia	Min	Max	SD	V (%)	Średnia	Min	Max	SD	V (%)	Średnia	Min	Max	SD	V (%)			
1.	XM.5	23,5	b	19,0	28,0	3,3	14,1	11,4	a	6,0	21,0	5,5	48,1	25,6	a	15,0	40,0	9,0	35,1
2.	XM.5 x KW	28,4	a	23,0	37,0	4,9	17,3	12,2	a	5,0	23,0	5,5	45,0	25,8	a	12,0	45,0	10,3	40,0
3.	Mut-160 x KW	26,0	a	20,0	36,0	4,6	17,7	13,7	a	11,0	18,0	2,4	17,5	32,8	a	25,0	45,0	6,7	20,4
4.	MUT-220	29,6	a	21,0	38,0	5,6	18,9	15,4	a	11,0	21,0	3,1	20,2	32,6	a	26,0	42,0	5,4	16,5
5.	MUT-220 x KW	27,8	a	21,0	36,0	4,1	14,7	10,5	b	5,0	16,0	3,4	32,3	22,4	b	11,0	32,0	6,7	29,9
6.	LM.13	28,8	a	20,0	46,0	7,7	26,7	12,2	a	8,0	19,0	3,6	29,5	29,2	a	20,0	50,0	11,4	39,1
7.	LM.13 x KW	27,1	a	23,0	33,0	3,5	12,9	12,0	a	8,0	17,0	3,8	31,8	28,0	a	18,0	37,0	7,0	25,0
8.	LM.34	23,8	b	20,0	30,0	3,7	15,5	10,5	b	7,0	14,0	2,4	22,8	27,1	a	18,0	38,0	6,1	22,5
9.	Mut-45	19,8	c	15,0	27,0	4,1	20,8	11,4	a	4,0	22,0	6,7	58,8	28,7	a	10,0	47,0	11,7	40,8
10.	LM.34 x Mut-45	23,9	b	19,0	28,0	3,8	15,9	10,6	b	6,0	17,0	4,4	41,4	28,4	a	16,0	43,0	11,0	38,7
11.	LM.34 x Mut-45	25,0	a	19,0	31,0	4,9	19,6	13,1	a	8,0	19,0	4,4	33,6	31,1	a	21,0	49,0	10,1	32,4
12.	XM.5 x KW	24,8	a	18,0	28,0	3,2	12,9	12,2	a	5,0	20,0	4,9	40,2	29,9	a	13,0	45,0	11,5	38,4
Średnia ogólna – Mean average		25,7						12,1						28,5					
Średnia 2005 – Mean in 2005		24,6						9,9						23,2					
Średnia 2004 – Mean in 2004		23,1						16,8						38,5					
Średnia 2003 – Mean in 2003		29,5						9,6						23,8					
V (%) – CV %		11,0						11,8						10,6					
N I R dla lat – LSD for years		2,8						1,8						4,1					
N I R dla genotypów LSD for genotypes		1,4						0,9						2,1					

Średnie wartości cech ocenianych mieszańców wewnątrzgatunkowych lubinu andyjskiego oraz ich form rodzicielskich
The mean values of evaluated intraspecific hybrids of Andean lupin and their parental forms

Lp.	Genotyp Genotype	Pęd boczny – Lateral branch																	
		Długość kwiatostanu Inflorescence length (cm)				Liczba strąków Pods no.				Indeks zbioru Harvest index (%)									
		Średnia	Min	Max	SD	V (%)	Średnia	Min	Max	SD	V (%)	Średnia	Min	Max	SD	V (%)			
1.	XM.5	12,5	b	7,0	20,0	3,5	28,0	4,4	b	2,0	7,0	1,7	38,8	17,3	b	9,0	27,0	6,6	38,2
2.	XM.5 x KW	15,0	a	9,0	24,0	4,8	32,0	5,1	b	3,0	8,0	2,1	40,9	19,0	b	12,0	30,0	7,0	36,9
3.	Mut-160 x KW	12,7	b	10,0	18,0	2,8	22,1	5,0	b	3,0	8,0	1,4	28,0	22,0	a	13,0	32,0	6,6	30,0
4.	MUT-220	13,5	b	11,0	20,0	2,7	20,0	7,1	a	4,0	11,0	2,0	28,4	26,5	a	21,0	34,0	4,6	17,3
5.	MUT-220 x KW	15,1	a	8,0	22,0	4,1	27,2	4,8	b	3,0	8,0	1,8	37,8	17,5	b	8,0	30,0	8,0	45,7
6.	LM.13	16,5	a	12,0	25,0	4,6	27,8	4,7	b	3,0	8,0	1,6	34,0	18,2	b	9,0	28,0	6,8	37,4
7.	LM.13 x KW	15,3	a	8,0	25,0	6,2	40,5	5,2	b	4,0	6,0	0,8	15,4	23,9	a	16,0	35,0	6,4	26,8
8.	LM.34	11,8	b	9,0	16,0	2,6	22,0	4,8	b	3,0	7,0	1,3	27,4	22,2	a	16,0	32,0	5,9	26,6
9.	Mut-45	13,3	b	11,0	20,0	3,1	23,3	7,9	a	4,0	13,0	2,5	31,6	29,0	a	18,0	43,0	7,2	24,8
10.	LM.34 x Mut-45	12,7	b	8,0	16,0	3,4	26,9	5,6	b	4,0	10,0	2,2	39,5	25,5	a	15,0	48,0	11,3	44,2
11.	LM.34 x Mut-45	13,9	b	11,0	17,0	2,8	20,1	5,0	b	3,0	8,0	2,0	40,1	18,9	b	10,0	31,0	7,7	40,8
12.	XM.5 x KW	14,6	a	9,0	19,0	3,3	22,6	6,1	b	4,0	8,0	1,8	29,7	23,4	a	17,0	32,0	5,7	24,4
Średnia ogólna – Mean average		13,9						5,5					21,9						
Średnia 2005 – Mean in 2005		12,7						5,5					21,8						
Średnia 2004 – Mean in 2004		12,1						6,3					26,5						
Średnia 2003 – Mean in 2003		16,9						4,6					17,5						
V (%) – CV %		10,1						19,3					17,6						
NIR dla lat – LSD for years		2,6						1,3					5,0						
NIR dla genotypów LSD for genotypes		1,3						0,7					2,5						

Tabela 9d
Table 9d

Średnie wartości cech ocenianych mieszańców wewnątrzgatunkowych lubinu andyjskiego oraz ich form rodzicielskich
The mean values of evaluated intraspecific hybrids of Andean lupin and their parental forms

Lp.	Genotyp Genotype	Liczba strąków z pędów bocznych Pods no. from lateral branches					Liczba strąków z rośliny Pods no. per plant					Masa tysiąca nasion Weight of 1000 seeds (g)							
		Średnia	Min	Max	SD	V (%)	Średnia	Min	Max	SD	V (%)	Średnia	Min	Max	SD	V (%)			
1.	XM.5	13,7	b	1,0	25,0	8,1	59,0	25,2	b	7,0	46,0	12,9	51,2	117,1	c	101,0	178,0	23,8	20,3
2.	XM.5 x KW	13,5	b	5,0	24,0	7,6	56,3	25,7	b	11,0	46,0	11,1	43,1	105,1	d	90,0	120,0	11,0	10,5
3.	Mut-160 x KW	18,8	a	12,0	32,0	6,2	33,1	32,5	a	25,0	50,0	8,1	25,0	163,9	a	156,0	177,0	5,8	3,5
4.	MUT-220	18,9	a	2,0	34,0	11,4	60,3	34,3	a	14,0	52,0	13,9	40,6	122,0	c	110,0	134,0	7,8	6,4
5.	MUT-220 x KW	17,1	a	7,0	42,0	10,8	63,1	27,6	a	13,0	58,0	13,6	49,2	143,5	b	133,0	156,0	7,4	5,2
6.	LM.13	16,3	a	9,0	30,0	6,3	38,6	28,5	a	20,0	39,0	5,6	19,6	138,3	b	94,0	173,0	26,3	19,0
7.	LM.13 x KW	16,7	a	7,0	25,0	5,8	34,8	28,6	a	16,0	35,0	6,4	22,4	175,6	a	133,0	196,0	19,6	11,2
8.	LM.34	17,4	a	6,0	28,0	7,2	41,5	27,9	a	14,0	38,0	8,8	31,6	138,8	b	122,0	156,0	11,0	7,9
9.	Mut-45	23,0	a	13,0	31,0	5,6	24,4	34,4	a	22,0	54,0	10,5	30,5	101,1	d	56,0	127,0	21,0	20,8
10.	LM.34 x Mut-45	22,4	a	11,0	40,0	8,9	39,7	33,1	a	25,0	51,0	10,5	31,8	124,4	c	118,0	136,0	7,4	5,9
11.	LM.34 x Mut-45	20,8	a	11,0	38,0	9,8	47,2	33,9	a	19,0	55,0	13,6	40,2	94,4	d	81,0	117,0	13,4	14,2
12.	XM.5 x KW	19,0	a	10,0	30,0	6,2	32,7	31,2	a	18,0	41,0	7,4	23,7	121,6	c	74,0	145,0	23,6	19,4
Średnia ogólna – Mean average		18,1						30,2						128,8					
Średnia 2005 – Mean in 2005		15,9						25,9						130,3					
Średnia 2004 – Mean in 2004		20,9						37,7						132,1					
Średnia 2003 – Mean in 2003		17,5						27,1						124,1					
V (%) – CV %		16,5						11,1						19,0					
NIR dla lat – LSD for years		6,0						6,8						12,6					
NIR dla genotypów LSD for genotypes		3,0						3,4						6,3					

Średnie wartości cech ocenianych mieszańców wewnątrzgatunkowych lubinu andyjskiego oraz ich form rodzicielskich
The mean values of evaluated intraspecific hybrids of Andean lupin and their parental forms

Lp.	Genotyp Genotype	Wschody Emergence	Pierwsza para liści 1 st pair of leaves	Pąkowanie na pędzie głównym Budding on the main stem	Kwitnienie na pędzie głównym Flowering on the main stem	Zawiązywanie strąków na pędzie głównym Pods setting on the main stem	Kwitnienie na pędach bocznych Flowering on lateral branches	Zawiązywanie strąków na pędach bocznych Pods setting on lateral branches	Długość okresu wegetacji Vegetation period								
1.	XM.5	16,2	b	25,6	a	60,3	a	73,77	b	78,88	b	93,2	a	103,4	a	150,0	a
2.	XM.5 x KW	15,6	b	24,9	a	59,9	a	72,66	b	77,55	b	91,1	a	101,1	a	143,6	b
3.	Mut-160 x KW	15,7	b	24,3	a	59,9	a	77,55	a	85,44	a	95,2	a	104,8	a	146,3	a
4.	MUT.220	17,6	a	25,7	a	61,4	a	79,22	a	85,55	a	96,0	a	105,7	a	142,3	b
5.	MUT.220 x KW	18,4	a	25,0	a	60,2	a	76,44	a	83,55	a	92,9	a	103,0	a	149,1	a
6.	LM.13	18,6	a	26,4	b	60,0	a	74,66	b	82,88	a	92,9	a	102,0	a	145,4	a
7.	LM.13 x KW	15,9	b	25,2	a	60,2	a	74,22	b	79,11	b	87,7	b	99,8	a	144,6	a
8.	LM.34	18,7	a	25,7	a	53,8	b	76,44	a	85,44	a	94,0	a	103,7	a	148,3	a
9.	Mut-45	15,2	b	25,1	a	59,9	a	73,55	b	79,66	b	90,1	a	100,0	a	149,0	a
10.	LM.34 x Mut-45	16,7	b	25,4	a	60,4	a	75,11	b	80,00	b	90,6	a	97,7	b	149,1	a
11.	LM.34 x Mut-45	16,0	b	24,4	a	60,0	a	74,33	b	81,00	a	91,0	a	99,8	a	144,2	a
12.	XM.5 x KW	16,8	b	25,0	a	59,3	a	72,88	b	77,11	b	90,0	a	98,6	b	148,7	a
Średnia ogólna – Mean average		16,8		25,2		59,6		75,1		81,3		92,1		101,6		146,7	
Średnia 2005 – Mean in 2005		13,7		20,4		55,1		70,4		78,2		89,4		101,5		150,4	
Średnia 2004 – Mean in 2004		19,2		25,9		63,1		79,9		83,5		96,7		104,7		145,5	
Średnia 2003 – Mean in 2003		17,5		29,3		60,6		74,9		82,4		90,1		98,7		144,5	
V (%) – CV %		7,4		2,3		3,2		2,6		3,8		2,6		2,5		1,8	
NIR dla lat – LSD for years		1,6		1,2		3,0		2,0		3,5		4,4		3,4		5,1	
NIR dla genotypów LSD for genotypes		0,8		0,6		1,5		1,0		1,7		2,2		1,7		2,5	

Tabela 10
Table 10

Współczynniki korelacji między analizowanymi cechami mieszańców lubinu andyjskiego i ich form rodzicielskich
Correlation coefficients between analysed traits of Andean lupin hybrids and their parental forms

Cechy Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
2	0,84 *																		
3	0,24 *	0,38 *																	
4	0,61 *	0,44 *	-0,01																
5	0,56 *	0,49 *	0,20	0,11															
6	0,38 *	0,36 *	0,22 *	-0,22	0,90 *														
7	0,30 *	0,45 *	0,25 *	0,48 *	0,11	-0,06													
8	0,13	0,22 *	0,19 *	0,10	0,35 *	0,24 *	0,32 *												
9	0,09	0,16	0,15	-0,13	0,32 *	0,38 *	-0,15	0,74 *											
10	0,25 *	0,40 *	0,73 *	0,04	0,39 *	0,33 *	0,35 *	0,76 *	0,58 *										
11	0,42 *	0,50 *	0,64 *	0,07	0,69 *	0,60 *	0,32 *	0,74 *	0,59 *	0,93 *									
12	0,31 *	0,29 *	0,03	0,24 *	-0,07	-0,02	0,00	-0,26 *	0,00	-0,12									
13	0,45 *	0,41 *	0,16	-0,06	0,48 *	0,53 *	-0,05	0,00	0,07	0,16	0,32 *	0,12							
14	0,38 *	0,39 *	0,16	-0,19 *	0,71 *	0,76 *	-0,12	0,10	0,24 *	0,19 *	0,43 *	0,00	0,78 *						
15	0,34 *	0,40 *	0,07	-0,04	0,52 *	0,51 *	0,07	0,25 *	0,28 *	0,24 *	0,39 *	-0,02	0,34 *	0,52 *					
16	0,52 *	0,51 *	0,20 *	-0,11	0,73 *	0,76 *	-0,09	0,20	0,32 *	0,30 *	0,52 *	0,15	0,74 *	0,79 *	0,59 *				
17	0,39 *	0,37 *	0,15	-0,06	0,50 *	0,53 *	-0,05	0,12	0,13	0,20 *	0,35 *	-0,08	0,59 *	0,58 *	0,32 *	0,69 *			
18	0,46 *	0,31 *	0,12	0,04	0,45 *	0,44 *	-0,08	0,03	0,04	0,09	0,25 *	0,21	0,63 *	0,54 *	0,30 *	0,72 *	0,64 *		
19	0,42 *	0,31 *	0,11	0,07	0,40 *	0,35 *	-0,04	-0,13	-0,16	0,02	0,16	0,05	0,56 *	0,51 *	0,23 *	0,54 *	0,64 *	0,68 *	
20	-0,05	0,10	0,02	-0,36 *	0,14	0,28 *	-0,24 *	0,07	0,22 *	0,08	0,13	-0,03	0,09	0,26 *	0,08	0,24 *	0,21 *	0,06	-0,07

* istotne na poziomie $\alpha = 0,05$ – significant at the level $\alpha = 0,05$

1 – Wysokość pędu głównego – Height of the main stem

2 – Wysokość rośliny – Height of the plant

3 – Liczba rozgałęzień bocznych – Lateral branches no.

4 – Długość kwiatostanu pędu głównego – Inflorescence length of main stem

5 – Liczba zawiązanych strąków na pędzie głównym – Pods no. on the main stem

6 – Indeks płodności na pędzie głównym – Harvest index of the main stem

7 – Długość kwiatostanu pędu boczego – Inflorescence length of the lateral branch

8 – Liczba strąków na pędzie bocznym – Pods no. on the lateral branch

9 – Indeks płodności na pędzie bocznym – Harvest index on the lateral branch

10 – Liczba strąków z pędów bocznych – Pods no. from the lateral branches

11 – Liczba strąków z rośliny – Pods no. per plant

12 – Masa tysiędca nasion – Weight of 1000 seeds

13 – Wschody – Emergence

14 – Pierwsza para liści – 1st pair of leaves

15 – Pąkowanie na pędzie głównym – Budding on the main stem

16 – Kwitnienie na pędzie głównym – Flowering on the main stem

17 – Kwitnienie na pędach bocznych – Flowering on lateral branches

18 – Zawiązywanie strąków na pędzie głównym – Pods setting on the main stem

19 – Zawiązywanie strąków na pędach bocznych – Pods setting on lateral branches

20 – Długość okresu wegetacji – Vegetation period

Tabela 11a
Table 11aŚrednie kwadraty zmienności cech mieszańców międzygatunkowych łubinu i ich form rodzicielskich
Variability of the mean squares of traits for investigated interspecific lupin hybrids and their parental forms

Zródło zmienności Source of variability	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Wysokość rośliny Height of the plant	Wysokość pędu głównego Height of the main stem	Długość kwiatostanu pędu głównego Inflorescence length of main stem	Liczba rozgałęzień bocznych Lateral branches no.	Liczba zawiązaných strąków na pędzie głównym Pods no. on the main stem	Indeks plodności na pędzie głównym Harvest index of the main stem	Długość kwiatostanu pędu boczego Inflorescence length of the lateral branch	Liczba strąków na pędzie bocznych Pods no. on the lateral branches	Indeks plodności na pędzie bocznych Harvest index on the lateral branch	Liczba strąków z pędów bocznych Pods no. from lateral branches	Liczba strąków z rośliny Pods no. per plant	Masa tysiąca nasion Weight of 1000 seeds
Lata (L) Years (Y)	2	8892,8 **	7647,8 **	439,1 **	8,10 **	241,8 **	388,3 **	91,4 **	8,50	660,2 **	68,40	69,10	9804,30 **
Powtórzenia x lata Replications x years	6	52,00	54,40	21,20	0,20	6,80	33,30	3,60	1,20	42,00	32,00	55,60	394,80
Genotypy (G) Genotypes (G)	18	2931,30 **	3127,00 **	549,90 **	2,40 **	69,60 **	1358,40 **	133,70 **	12,70 **	1099,70 **	134,50 **	327,30 **	113621,60 **
Interakcja (G x L) Interaction (G x Y)	36	548,30 **	110,80 **	24,40 **	1,10 **	23,40 **	286,70 **	18,70 **	5,50 **	170,40 **	117,80 **	170,20 **	1499,70 **
Błąd Error	108	63,00	38,60	4,30	0,20	2,90	24,90	2,90	1,00	31,00	22,50	26,90	435,30

* istotne na poziomie $\alpha = 0,05$; significant at the level $\alpha = 0,05$ ** istotne na poziomie $\alpha = 0,01$; significant at the level $\alpha = 0,01$

Tabela 11b
Table 11 b

Średnie kwadraty zmienności cech mieszańców międzygatunkowych łubinu i ich form rodzicielskich
Variability the of the mean squares of traits for investigated interspecific hybrids lupin and their parental forms

Zródło zmienności Source of variability	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Wschody Emergence	Pierwsza para liści 1 st pair of leaves	Pąkowanie na pędzie głównym Budding on the main stem	Kwitnienie na pędzie głównym Flowering on the main stem	Kwitnienie na pędach bocznych Flowering on lateral branches	Zawiązywanie strąków na pędzie głównym Pods setting on the main stem	Zawiązywanie strąków na pędach bocznych Pods setting on lateral branches	Długość okresu wegetacji Vegetation period
Lata (L) Years (Y)	2	201,20 **	1006,30 **	332,30 **	960,70 **	1004,90 **	719,10 **	775,70	3867,60 **
Powtórzenia x lata Replications x years	6	3,70	1,10	7,20	5,80	21,90	10,10	12,90	116,80
Genotypy (G) Genotypes (G)	18	24,30 **	26,60 **	153,10 **	579,30 **	1179,70 **	831,50 **	1090,30 **	62,30 **
Interakcja (G x L) Interaction (G x Y)	36	6,30 **	5,30 **	15,4**	24,00 **	28,10 **	32,70 **	40,60 **	45,50 **
Błąd Error	108	2,10	0,50	2,10	4,20	12,30	8,70	13,30	22,30

Średnie wartości cech ocenianych mieszańców międzygatunkowych łubinu i ich form rodzicielskich
The mean values of evaluated interspecific hybrids of lupin and their parental forms

Lp.	Genotyp Genotype	Wysokość rośliny Height of the plant (cm)				Wysokość pędu głównego Height of the main stem (cm)				Liczba rozgałęzień bocznych Lateral branches no.									
		Średnia	Min	Max	SD	V (%)	Średnia	Min	Max	SD	V (%)	Średnia	Min	Max	SD	V (%)			
1.	<i>L. albus</i> 'WAT'	74,7	c	43,0	110,0	12,7	17,0	47,6	d	30,0	62,0	13,0	27,3	3,4	b	2,0	4,0	0,7	20,6
2.	<i>L. mutabilis</i> Mut-136	90,2	b	70,0	117,0	11,2	12,4	74,3	b	61,0	97,0	11,0	14,8	3,2	b	3,0	4,0	0,4	12,5
3.	<i>L. albus</i> 'WAT' x <i>L. mutabilis</i> Mut-136	106,6	a	78,0	121,0	11,5	10,8	76,3	b	60,0	87,0	12,0	15,7	4,4	a	4,0	5,0	0,5	11,4
4.	<i>L. termis</i>	74,2	c	59,0	107,0	6,0	8,1	43,9	d	35,0	53,0	6,0	13,7	3,4	b	3,0	4,0	0,5	14,7
5.	<i>L. mutabilis</i> XM.5	82,2	b	60,0	112,0	11,1	13,5	65,9	c	51,0	83,0	11,0	16,7	2,9	b	1,0	5,0	1,4	48,3
6.	<i>L. termis</i> x <i>L. mutabilis</i> XM.5	109,5	a	90,0	127,0	16,0	14,6	94,2	a	69,0	112,0	16,0	17,0	4,4	a	3,0	5,0	0,7	15,9
7.	<i>L. mutabilis</i> Mut-628	106,1	a	65,0	129,0	14,9	14,0	79,7	b	63,0	99,0	15,0	18,8	2,6	c	0,0	4,0	1,6	61,5
8.	<i>L. termis</i> x <i>L. mutabilis</i> Mut-628	79,8	b	57,0	108,0	9,9	12,4	46,9	d	35,0	64,0	10,0	21,3	3,1	b	3,0	4,0	0,3	9,7
9.	<i>L. termis</i> x <i>L. mutabilis</i> KW	62,1	c	45,0	78,0	10,1	16,3	45,4	d	35,0	69,0	10,0	22,0	3,2	b	3,0	4,0	0,3	9,4
10.	<i>L. vavilovi</i>	48,8	d	32,0	65,0	6,4	13,1	34,2	e	26,0	43,0	6,0	17,5	3,7	a	3,0	5,0	0,7	18,9
11.	<i>L. mutabilis</i> Mut-45	79,3	b	60,0	118,0	12,8	16,1	58,6	c	42,0	84,0	13,0	22,2	3,0	b	2,0	4,0	0,6	20,0
12.	<i>L. vavilovi</i> x <i>L. mutabilis</i> Mut-45	60,6	c	48,0	82,0	8,6	14,2	44,2	d	31,0	59,0	9,0	20,4	3,2	b	3,0	4,0	0,4	12,5
13.	<i>L. mutabilis</i> LM.34	84,2	b	64,0	93,0	12,3	14,6	76,5	b	61,0	93,0	12,0	15,7	4,0	a	3,0	6,0	0,9	22,5
14.	<i>L. vavilovi</i> x <i>L. mutabilis</i> LM.34	52,7	c	34,0	77,0	7,1	13,5	38,6	e	30,0	53,0	7,0	18,1	3,1	b	2,0	4,0	0,5	16,1
15.	<i>L. mutabilis</i> XM.5 x <i>L. vavilovi</i>	97,4	b	84,0	114,0	10,8	11,1	86,0	b	69,0	96,0	11,0	12,8	3,8	a	2,0	5,0	1,1	28,9
16.	<i>L. mutabilis</i> LM.13	91,9	b	71,0	133,0	18,7	20,3	76,4	b	58,0	113,0	19,0	24,9	3,4	b	2,0	5,0	0,9	26,5
17.	<i>L. graecus</i>	58,8	c	39,0	86,0	18,4	31,3	46,4	d	29,0	86,0	18,0	38,8	3,8	a	3,0	5,0	0,6	15,8
18.	<i>L. mutabilis</i> LM.13 x <i>L. graecus</i>	87,3	b	71,0	100,0	12,3	14,1	82,6	b	67,0	100,0	12,0	14,5	4,1	a	3,0	5,0	0,7	17,1
19.	<i>L. mutabilis</i> LM.13 x <i>L. graecus</i>	88,1	b	70,0	106,0	16,6	18,8	76,0	b	55,0	106,0	17,0	22,4	2,9	b	2,0	3,0	0,5	17,2
Średnia ogólna – Mean average		80,8						62,8						3,5					
Średnia 2005 – Mean in 2005		66,6						50,7						3,1					
Średnia 2004 – Mean in 2004		85,7						63,9						3,5					
Średnia 2003 – Mean in 2003		90,0						73,8						3,8					
V (%) – CV %		22,0						30,0						15,0					
NIR dla lat – LSD for years		3,0						2,4						0,2					
NIR dla genotypów – LSD for genotypes		7,3						5,7						0,4					

Tabela 12b
Table 12b

Średnie wartości cech ocenianych mieszańców międzygatunkowych gatunków lubinu i ich form rodzicielskich
The mean values of evaluated interspecific hybrids of lupin and their parental forms

Lp.	Genotyp Genotype	Pęd główny – Main stem																	
		Długość kwiatostanu Inflorescence length (cm)						Liczba strąków Pods no.						Indeks zbioru Harvest index (%)					
		Srednia	Min	Max	SD	V (%)	Srednia	Min	Max	SD	V (%)	Srednia	Min	Max	SD	V (%)			
1.	<i>L. albus</i> 'WAT'	13,7	f	8,0	3,9	28,5	7,6	b	5,0	11,0	2,2	28,9	37,6	c	26,0	50,0	8,6	22,9	
2.	<i>L. mutabilis</i> Mut-136	24,0	d	20,0	2,0	8,3	9,7	b	5,0	15,0	3,8	39,2	25,0	d	15,0	38,0	9,0	36,0	
3.	<i>L. albus</i> 'WAT' x <i>L. mutabilis</i> Mut-136	26,6	c	23,0	2,0	7,5	4,9	c	2,0	8,0	2,4	49,0	13,2	e	7,0	18,0	4,9	37,1	
4.	<i>L. termis</i>	12,7	f	10,0	1,6	18,1	7,4	b	6,0	8,0	0,7	9,5	49,6	a	37,0	69,0	13,1	26,4	
5.	<i>L. mutabilis</i> XM.5	23,5	d	19,0	2,8	14,0	11,4	a	6,0	21,0	5,5	48,2	25,4	d	15,0	40,0	9,0	35,4	
6.	<i>L. termis</i> x <i>L. mutabilis</i> XM.5	32,1	a	25,0	3,5	13,7	11,8	a	9,0	18,0	2,9	24,6	26,6	c	20,0	46,0	8,9	33,5	
7.	<i>L. mutabilis</i> Mut-628	30,4	b	20,0	3,5	21,7	12,6	a	8,0	16,0	2,3	18,3	31,2	c	26,0	36,0	3,4	10,9	
8.	<i>L. termis</i> x <i>L. mutabilis</i> Mut-628	14,4	f	11,0	2,0	3,3	22,9	7,8	b	7,0	10,0	1,1	14,1	47,7	a	33,0	60,0	8,0	16,8
9.	<i>L. termis</i> x <i>L. mutabilis</i> KW	13,1	f	10,0	1,9	20,6	7,2	b	5,0	9,0	1,1	15,3	45,7	b	32,0	57,0	7,8	17,1	
10.	<i>L. vavilovi</i>	10,7	g	7,0	1,6	24,3	6,9	b	6,0	10,0	1,5	21,7	52,9	a	41,0	68,0	10,3	19,5	
11.	<i>L. mutabilis</i> Mut-45	19,8	e	15,0	2,7	4,1	11,4	a	4,0	22,0	6,7	58,8	28,7	c	9,0	47,0	11,9	41,5	
12.	<i>L. vavilovi</i> x <i>L. mutabilis</i> Mut-45	14,4	f	9,0	1,9	3,6	25,0	7,4	b	5,0	9,0	1,3	17,6	36,1	c	22,0	56,0	11,2	31,0
13.	<i>L. mutabilis</i> LM.34	28,7	b	24,0	3,7	4,3	15,0	14,7	a	7,0	23,0	5,7	38,8	31,1	c	18,0	47,0	10,9	35,0
14.	<i>L. vavilovi</i> x <i>L. mutabilis</i> LM.34	10,5	g	7,0	1,4	22,9	7,4	b	6,0	11,0	1,5	20,3	54,8	a	42,0	84,0	15,2	27,7	
15.	<i>L. mutabilis</i> XM.5 x <i>L. vavilovi</i>	33,6	a	28,0	3,3	9,8	6,4	b	2,0	12,0	3,6	56,3	13,1	e	5,0	26,0	7,1	54,2	
16.	<i>L. mutabilis</i> LM.13	28,8	b	20,0	4,6	7,7	12,2	a	8,0	19,0	3,6	29,5	29,2	c	20,0	50,0	11,4	39,0	
17.	<i>L. graecus</i>	15,0	f	10,0	2,0	3,6	6,3	b	5,0	8,0	1,1	17,5	20,9	d	16,0	24,0	2,9	13,9	
18.	<i>L. mutabilis</i> LM.13 x <i>L. graecus</i>	24,0	d	19,0	2,9	2,5	12,2	a	8,0	18,0	3,6	29,5	31,7	c	16,0	48,0	10,0	31,5	
19.	<i>L. mutabilis</i> LM.13 x <i>L. graecus</i>	26,4	c	21,0	3,6	4,6	17,4	a	6,0	17,0	4,1	36,6	28,0	c	13,0	41,0	9,3	33,2	
Średnia ogólna – Mean average		21,2					9,3						33,1						
Średnia 2005 – Mean in 2005		18,2					8,2						30,3						
Średnia 2004 – Mean in 2004		21,7					11,7						33,5						
Średnia 2003 – Mean in 2003		23,6					8,0						35,5						
V (%) – CV %		36,9					29,8						37,1						
NIR dla lat – LSD for years		0,8					0,6						1,8						
NIR dla genotypów – LSD for genotypes		2,00					1,6						4,8						

Tabela 12d
Table 12d

Średnie wartości cech ocenianych mieszańców międzygatunkowych lubinu i ich form rodzicielskich
The mean values of evaluated interspecific hybrids of lupin and their parental forms

Lp.	Genotyp Genotype	Liczba strąków z pędów bocznych Pods no. from lateral branches						Liczba strąków z rośliny Pods no. per plant						Masa tysiąca nasion Weight of 1000 seeds (g)									
		Średnia		SD		V (%)		Średnia		Max		SD		Średnia		Min		Max		SD		V (%)	
1.	<i>L. albus</i> 'WAT'	9,7	b	7,0	25,0	6,5	67,0	17,3	c	13,0	36,0	7,9	45,6	315,3	b	208,0	379,0	46,6	14,8				
2.	<i>L. mutabilis</i> Mut-136	16,3	a	3,0	21,0	6,5	39,9	26,0	b	9,0	32,0	7,5	28,9	141,6	d	118,0	154,0	12,2	8,6				
3.	<i>L. albus</i> 'WAT' x <i>L. mutabilis</i> Mut-136	14,1	a	8,0	29,0	7,3	51,8	19,0	b	10,0	36,0	8,9	46,8	136,2	d	122,0	157,0	13,3	9,8				
4.	<i>L. termis</i>	10,6	b	9,0	16,0	2,3	21,7	18,0	c	18,0	24,0	2,3	12,8	372,2	a	323,0	420,0	37,6	10,1				
5.	<i>L. mutabilis</i> XM.5	12,0	a	1,0	25,0	8,1	67,5	23,4	b	7,0	46,0	12,9	55,0	117,1	d	101,0	178,0	23,8	20,3				
6.	<i>L. termis</i> x <i>L. mutabilis</i> XM.5	16,1	a	7,0	24,0	7,5	46,6	27,9	b	17,0	41,0	9,3	33,3	151,2	d	142,0	159,0	5,8	3,8				
7.	<i>L. mutabilis</i> Mut-628	6,7	b	1,0	10,0	3,3	49,3	19,3	b	9,0	25,0	5,1	26,5	123,9	d	111,0	143,0	11,0	8,9				
8.	<i>L. termis</i> x <i>L. mutabilis</i> Mut-628	10,7	b	10,0	20,0	3,3	30,8	18,5	b	18,0	29,0	3,4	18,4	374,2	a	319,0	411,0	36,0	9,6				
9.	<i>L. termis</i> x <i>L. mutabilis</i> KW	12,9	a	8,0	26,0	6,0	46,5	20,1	b	14,0	33,0	6,1	30,3	371,1	a	328,0	417,0	26,1	7,0				
10.	<i>L. vavilovi</i>	14,4	a	10,0	22,0	3,8	26,4	21,2	b	16,0	31,0	4,3	20,3	287,6	c	237,0	332,0	36,4	12,7				
11.	<i>L. mutabilis</i> Mut-45	20,8	a	13,0	31,0	5,6	26,9	32,2	a	22,0	54,0	10,5	32,6	101,1	e	56,0	127,0	21,0	20,8				
12.	<i>L. vavilovi</i> x <i>L. mutabilis</i> Mut-45	15,8	a	10,0	20,0	3,9	24,7	23,3	b	15,0	28,0	4,8	20,6	329,8	b	293,0	387,0	31,4	9,5				
13.	<i>L. mutabilis</i> LM.34	22,1	a	8,0	40,0	12,3	55,7	36,9	a	27,0	54,0	10,6	28,7	125,7	d	112,0	139,0	7,5	6,0				
14.	<i>L. vavilovi</i> x <i>L. mutabilis</i> LM.34	15,5	a	8,0	19,0	3,2	20,6	23,0	b	14,0	27,0	4,5	19,6	358,2	a	272,0	422,0	53,5	14,9				
15.	<i>L. mutabilis</i> XM.5 x <i>L. vavilovi</i>	16,7	a	0,0	33,0	10,9	65,3	23,1	b	3,0	45,0	14,4	62,4	140,3	d	127,0	150,0	7,4	5,3				
16.	<i>L. mutabilis</i> LM.13	14,0	a	9,0	30,0	6,3	45,0	26,2	b	20,0	39,0	5,6	21,3	138,3	d	94,0	173,0	26,3	19,0				
17.	<i>L. graecus</i>	13,3	a	6,0	18,0	3,9	29,3	19,6	b	12,0	26,0	4,9	25,0	359,1	a	301,0	434,0	47,5	13,2				
18.	<i>L. mutabilis</i> LM.13 x <i>L. graecus</i>	20,0	a	12,0	33,0	7,9	39,5	32,2	a	23,0	50,0	9,1	28,3	115,8	d	111,0	124,0	4,4	3,8				
19.	<i>L. mutabilis</i> LM.13 x <i>L. graecus</i>	16,5	a	8,0	20,0	4,3	26,1	27,7	b	15,0	29,0	5,0	18,1	126,8	d	109,0	136,0	9,9	7,8				
Średnia ogólna – Mean average		14,6						23,9						220,3									
Średnia 2005 – Mean in 2005		23,8						15,5						235,4									
Średnia 2004 – Mean in 2004		25,2						13,4						212,6									
Średnia 2003 – Mean in 2003		23,1						15,0						212,9									
V (%) – CV %		26,5						23,0						51,0									
NIR dla lat – LSD for years		1,8						2,0						7,7									
NIR dla genotypów – LSD for genotypes		4,4						4,8						19,4									

Średnie wartości cech ocenianych mieszańców międzygatunkowych lubinu i ich form rodzicielskich
The mean values of evaluated interspecific hybrids of lupin and their parental forms

Lp.	Genotyp Genotype	Wschody Emergence	Pierwsza para liści 1 st pair of leaves	Pąkowanie na pędzie głównym Budding on the main stem	Kwitnienie na pędzie głównym Flowering on the main stem	Zawiązywanie strąków na pędzie głównym Pods setting on the main stem	Kwitnienie na pędach bocznych Flowering on lateral branches	Zawiązywanie strąków na pędach bocznych Pods setting on lateral branches	Długość okresu wegetacji Vegetation period
1.	<i>L. albus</i> 'WAT'	15,4	21,8	55,3	61,6	66,3	73,4	83,2	144,1
2.	<i>L. mutabilis</i> Mut-136	14,6	24,3	60,0	73,7	81,2	90,4	99,1	141,2
3.	<i>L. albus</i> 'WAT' x <i>L. mutabilis</i> Mut-136	16,0	24,2	61,2	75,8	83,0	93,0	99,1	142,2
4.	<i>L. termis</i>	14,6	21,0	50,7	58,0	63,3	70,1	78,2	145,6
5.	<i>L. mutabilis</i> XM.5	16,2	25,6	60,3	73,8	78,9	93,2	103,4	150,0
6.	<i>L. termis</i> x <i>L. mutabilis</i> XM.5	20,1	26,1	64,6	81,6	91,7	99,6	107,3	147,4
7.	<i>L. mutabilis</i> Mut-628	15,2	25,6	60,7	72,6	87,9	95,4	103,3	142,0
8.	<i>L. termis</i> x <i>L. mutabilis</i> Mut-628	13,3	21,4	51,9	58,6	64,0	69,8	78,9	144,4
9.	<i>L. termis</i> x <i>L. mutabilis</i> KW	14,1	21,4	52,1	59,1	64,7	69,4	83,1	144,7
10.	<i>L. vavilovi</i>	15,7	22,4	51,8	59,4	63,6	67,3	77,3	143,8
11.	<i>L. mutabilis</i> Mut-45	16,1	25,8	61,1	80,2	85,8	93,3	103,0	140,8
12.	<i>L. vavilovi</i> x <i>L. mutabilis</i> Mut-45	14,4	22,6	53,8	60,9	65,9	73,9	82,6	143,7
13.	<i>L. mutabilis</i> LM.34	17,1	24,3	60,0	72,4	78,3	90,6	100,8	149,0
14.	<i>L. vavilovi</i> x <i>L. mutabilis</i> LM.34	16,0	22,4	52,6	58,9	63,3	67,2	79,3	144,8
15.	<i>L. mutabilis</i> XM.5 x <i>L. vavilovi</i>	17,8	24,2	58,7	72,0	81,6	90,8	103,9	140,7
16.	<i>L. mutabilis</i> LM.13	18,6	26,4	60,0	74,7	82,9	92,9	102,0	145,4
17.	<i>L. graecus</i>	14,7	22,7	55,7	62,7	67,2	75,1	83,6	145,2
18.	<i>L. mutabilis</i> LM.13 x <i>L. graecus</i>	15,0	24,3	58,9	73,8	78,6	89,8	99,7	145,3
19.	<i>L. mutabilis</i> LM.13 x <i>L. graecus</i>	15,3	24,1	59,4	73,1	77,6	90,1	99,2	148,0
Średnia ogólna – Mean average		15,8	23,7	57,3	68,6	75,0	83,4	93,0	144,7
Średnia 2005 – Mean in 2005		16,9	20,1	54,9	64,5	71,3	80,1	93,8	136,4
Średnia 2004 – Mean in 2004		16,9	22,8	59,8	72,7	78,3	88,1	96,3	144,8
Średnia 2003 – Mean in 2003		13,6	28,3	57,2	68,5	75,5	82,1	89,0	152,9
V (%) – CV %		10,4	7,3	7,2	11,7	12,8	13,7	11,8	1,8
NIR dla lat – LSD for years		0,6	0,2	0,8	0,8	1,2	1,4	1,4	1,8
NIR dla genotypów – LSD for genotypes		1,4	0,6	2,6	2,0	2,8	3,4	3,4	4,4

Tabela 13
Table 13

Współczynniki korelacji między analizowanymi cechami mieszańców międzygatunkowych i ich form rodzicielskich
Correlation coefficients between analysed traits of interspecific hybrids and their parental forms

Cechy Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
2	0,85 *																		
3	0,36 *	0,37 *																	
4	0,89 *	0,77 *	0,34 *																
5	0,31 *	0,20 *	-0,06	0,33 *															
6	-0,48 *	-0,44 *	-0,25 *	-0,56 *	0,21 *														
7	0,74 *	0,65 *	0,33 *	0,84 *	0,31 *	-0,49 *													
8	-0,04	-0,10	-0,03	0,01 *	0,36 *	0,13 *	0,25 *												
9	-0,60 *	-0,58 *	-0,25 *	-0,65 *	-0,13	0,77 *	-0,56 *	0,39 *											
10	0,06	0,00	0,35 *	0,12	0,30 *	0,03	0,38 *	0,87 *	0,26 *										
11	0,18 *	0,09	0,24 *	0,24 *	0,67 *	0,11	0,43 *	0,83 *	0,14	0,91 *									
12	-0,74 *	-0,59 *	-0,12	-0,79 *	-0,43 *	0,52 *	-0,73 *	-0,20 *	0,60 *	-0,21 *	-0,35 *								
13	0,47 *	0,39 *	0,19 *	0,40 *	0,24 *	-0,07 *	0,39 *	0,05	-0,25 *	0,07	0,16 *	-0,36 *							
14	0,63 *	0,51 *	0,29 *	0,51 *	0,12	-0,04	0,47 *	-0,02	-0,18 *	0,05	0,09	-0,42 *	0,61 *						
15	0,67 *	0,61 *	0,18 *	0,67 *	0,47 *	-0,42 *	0,59 *	0,02	-0,62 *	0,05	0,25 *	-0,74 *	0,58 *	0,49 *					
16	0,71 *	0,63 *	0,19 *	0,74 *	0,52 *	-0,42 *	0,66 *	0,13	-0,59 *	0,12	0,32 *	-0,82 *	0,56 *	0,48 *	0,87 *				
17	0,73 *	0,63 *	0,10	0,78 *	0,53 *	-0,48 *	0,66 *	0,13	-0,64 *	0,11	0,32 *	-0,86 *	0,45 *	0,38 *	0,86 *	0,90 *			
18	0,75 *	0,65 *	0,09	0,77 *	0,42 *	-0,46 *	0,62 *	0,09	-0,58 *	0,03	0,21 *	-0,83 *	0,52 *	0,47 *	0,84 *	0,89 *	0,92 *		
19	0,64 *	0,55 *	0,06	0,74 *	0,47 *	-0,55 *	0,64 *	0,13	-0,64 *	0,11	0,30 *	-0,83 *	0,34 *	0,19 *	0,74 *	0,83 *	0,88 *	0,83 *	
20	0,35 *	0,34 *	0,27 *	0,22 *	0,04	0,08	0,22 *	-0,16 *	-0,09	-0,03	-0,01	-0,06	0,33 *	0,65 *	0,19 *	0,15	0,06	0,07	-0,09

* istotne na poziomie $\alpha = 0,05$ – significant at the level $\alpha = 0,05$

1 – Wysokość pędu głównego – Height of the main stem

2 – Wysokość rośliny – Height of the plant

3 – Liczba rozgałęzień bocznych – Lateral branches no.

4 – Długość kwiatostanu pędu głównego – Inflorescence length of main stem

5 – Liczba zawiązanych strąków na pędzie głównym – Pods no. on the main stem

6 – Indeks płodności na pędzie głównym – Harvest index of the main stem

7 – Długość kwiatostanu pędu bocznego – Inflorescence length of the lateral branch

8 – Liczba strąków na pędzie bocznym – Pods no. on the lateral branch

9 – Indeks płodności na pędzie bocznym – Harvest index on the lateral branch

10 – Liczba strąków z pędów bocznych – Pods no. from the lateral branches

11 – Liczba strąków z rośliny – Pods no. per plant

12 – Masa tysiąca nasion – Weight of 1000 seeds

13 – Wschody – Emergence

14 – Pierwsza para liści – 1st pair of leaves

15 – Pąkowanie na pędzie głównym – Budding on the main stem

16 – Kwitnienie na pędzie głównym – Flowering on the main stem

17 – Kwitnienie na pędach bocznych – Flowering on lateral branches

18 – Zawiązywanie strąków na pędzie głównym – Pods setting on the main stem

19 – Zawiązywanie strąków na pędach bocznych – Pods setting on lateral branches

20 – Długość okresu wegetacji – Vegetation period

Tabela 14
Table 14

Charakterystyka form rodzicielskich oraz pokoleń F₂, mieszańców uzyskanych po skrzyżowaniu odmiany 'Emir' z rodem LAE-1 oraz odmianą 'Graf', pod względem wybranych cech oraz parametrów statystycznych i współczynnika odziedziczalności
Parental forms and F₂ progenies characteristics, obtained after crossing 'Emir' cultivar with breeding strain and 'Graf' cultivar, in respect to chosen characters and statistical parameters and heritability coefficient

Formy rodzicielskie oraz pokolenia F ₂ Parental forms and F ₂ generations	Średnia Average	Zakres zmienności Range of variability		Odchylenie standardowe Standard deviation (S)	Współczynnik zmienności Variability coefficient (V%)	Odziedziczalność Heritability (h ²)*
		Min	Max			
Wysokość rośliny – Plant height						
P ₁ 'Emir'	68,9	60,0	80,0	6,0	8,7	
P ₂ (LAE-1)	56,8	44,0	67,0	5,1	8,9	
P ₃ 'Graf'	67,2	54,0	79,0	5,9	8,7	
F ₂ ('Emir' x LAE-1)	89,1	61,0	120,0	12,8	14,4	0,81
F ₂ ('Emir' x 'Graf')	92,2	36,0	120,0	11,7	12,7	0,74
Wysokość pędu głównego – Height of the main stem						
P ₁ ('Emir')	61,7	52,5	69,0	4,0	6,5	
P ₂ (LAE-1)	56,8	44,0	67,0	5,1	8,9	
P ₃ 'Graf'	56,6	36,5	68,0	8,3	14,7	
F ₂ ('Emir' x LAE-1)	70,1	43,0	94,0	7,9	11,2	0,67
F ₂ ('Emir' x 'Graf')	67,8	28,0	93,0	8,6	12,7	0,55
Długość kwiatostanu pędu głównego – Inflorescence of main stem length						
P ₁ ('Emir')	20,3	17,0	23,0	1,6	7,7	
P ₂ (LAE-1)	22,6	15,0	38,0	5,7	25,4	
P ₃ 'Graf'	20,2	10,0	27,0	4,1	20,3	
F ₂ ('Emir' x LAE-1)	25,5	3,0	48,0	6,5	25,6	0,79
F ₂ ('Emir' x 'Graf')	22,0	3,5	31,0	4,6	21,0	0,70
Liczba rozgałęzień pierwszego rzędu – Lateral branches of 1st order						
P ₁ ('Emir')	4,0	3,0	8,0	1,6	38,8	
P ₂ (LAE-1)	3,4	1,0	5,0	1,1	33,5	
P ₃ 'Graf'	4,5	2,0	8,0	1,6	35,6	
F ₂ ('Emir' x LAE-1)	5,1	0,0	15,0	2,9	56,9	0,79
F ₂ ('Emir' x 'Graf')	6,1	2,0	8,0	2,7	44,0	0,66
Masa tysiąca nasion – Weight of 1000 seeds						
P ₁ ('Emir')	128,4	76,0	164,2	21,5	16,7	
P ₂ (LAE-1)	108,8	60,1	151,1	24,1	22,1	
P ₃ 'Graf'	131,7	40,0	171,1	30,5	23,2	
F ₂ ('Emir' x LAE-1)	121,0	74,6	165,0	23,3	19,2	0,05
F ₂ ('Emir' x 'Graf')	146,5	60,0	233,3	29,4	20,0	0,24
Liczba strąków z pędu głównego – Pods no. of the main stem						
P ₁ ('Emir')	8,5	5,0	11,0	1,4	16,9	
P ₂ (LAE-1)	16,8	10,0	25,0	3,2	19,3	
P ₃ 'Graf'	8,0	3,0	15,0	2,9	35,7	
F ₂ ('Emir' x LAE-1)	3,2	0,0	15,0	2,9	91,6	0,46
F ₂ ('Emir' x 'Graf')	5,0	0,0	8,0	2,7	57,0	0,49

* Współczynnik odziedziczalności może być też wyrażony w procentach, wtedy uzyskane wartości należy przemnożyć przez 100

Tabela 15
Table 15

Segregacja osobników w pokoleniu F₂ ('Emir' x LAE-1) pod względem barwy kwiatów, nasion oraz typu wzrostu
Individual's segregation in F₂ generation ('Emir' x LAE-1) in respect to flower and seeds color and type of growth

Oczekiwane i stwierdzone fenotypy w pokoleniu F ₂ / Cecha Expected and observed phenotypes in F ₂ generation / Trait	Barwa kwiatów klasy fenotypowe Flower color phenotype's classes			Barwa nasion klasy fenotypowe Seeds color phenotype's classes		Typ wzrostu klasy fenotypowe Type of growth phenotype's classes	
	różowe pink	niebieskie blue	białe white	szary marmurek gray marmoreus	biała white	zdetermi- nowany determi- nat	trady- cyjny trady- dional
Oczekiwana liczba roślin (e) w poszczególnych klasach fenotypowych Expected plants no. (e) in phenotypical classes	26	52	26	78	26	26	78
Oczekiwane rozszczepienie Expected segregation ratio	1	2	1	3	1	1	3
Stwierdzona liczba roślin w poszczególnych klasach fenotypowych Observed plants no. in phenotypical classes	26	53	25	76	28	23	81
Stwierdzone rozszczepienie Observed segregation ratio	1,0	2,04	0,96	2,71	1,29	0,48	3,52
Odchylenie (d) Deviation (d)	0	1	1	2	2	3	3
d ²	0	1	1	4	4	9	9
$\chi^2 = d^2/e$	0,00	0,02	0,04	0,5	0,15	0,35	0,12
$\chi^2_{obl.}$	0,06			0,65		0,47	

χ^2 tablicowe przy p = 0,05 dla dwóch klas 3,84, dla trzech – 5,99

Tabela 16
Table 16

Segregacja osobników w pokoleniu F₂ ('Emir' x 'Graf') pod względem barwy kwiatów, nasion oraz typu wzrostu
Individual's segregation in F₂ generation ('Emir' x 'Graf') in respect to flower and seeds color and type of growth

Oczekiwane i stwierdzone fenotypy w pokoleniu F ₂ /Cecha Expected and observed phenotypes in F ₂ generation/Trait	Barwa nasion Seeds color klasy fenotypowe phenotype's classes		Barwa kwiatów Flower color klasy fenotypowe phenotype's classes		
	białe white	szary marmurek gray marmoreus	białe white	niebieskie blue	różowe pink
Oczekiwana liczba roślin (e) w poszczególnych klasach fenotypowych Expected plants no. (e) in phenotypical classes	90,25	270,75	90,75	181,50	90,75
Oczekiwane rozszczepienie Expected segregation ratio	1	3	1	2	1
Stwierdzona liczba roślin w poszczególnych klasach fenotypowych Observed plants no. in phenotypical classes	90	271	91	183	89
Stwierdzone rozszczepienie Observed segregation ratio	0,99	3,01	1,00	2,02	0,98
Odchylenie (d) Deviation (d)	0,25	0,75	-0,25	-1,50	1,75
d ²	0,06	0,56	0,06	2,25	3,06
$\chi^2 = d^2/e$	0,001	0,002	0,001	0,012	0,034
$\chi^2_{obl.}$	0,004		0,16		

χ^2 tablicowe przy p = 0,05 dla dwóch klas 3,84, dla trzech – 5,99

Tabela 17
Table 17

Analiza zachowania się pyłku w procesie samozapylenia w trakcie pełni kwitnienia i przekwitania kwiatów u *L. albus*, *L. cosentinii* oraz *L. atlanticus*. Pollen grains behavior in self-pollination process during full flowering and wilting of flowers for *L. albus*, *L. cosentinii* and *L. atlanticus*

Samozapylenie Self-pollination	Stadium Rozwoju kwiatostanu Inflorescence development	Obecność pyłku na znamieniu słupka Presence of pollen grains on stigma (%)	Kielkujący pyłek na znamieniu słupka Pollen grains germinating on stigma (%)	Łągiełki pyłkowe przerastające szyjkę słupka Pollen tubes growth through style (%)	Łągiełki pyłkowe przerastające zalążki Pollen tubes reached ovules (%)	Stadium rozwojowe woreczka zalążkowego Development of sac embryo stage
<i>L. albus</i> 'Butan'	Pełnia kwitnienia Full flowering	76	48	33	29	1-8-jądrowy woreczek zalążkowy
	Okwiat przekwitający Wilting of flowers	100	100	100	96	8-jądrowy woreczek zalążkowy; sporadycznie prozarodek
<i>L. cosentinii</i>	Pełnia kwitnienia Full flowering	92	92	92	8	8-jądrowy woreczek zalążkowy
	Okwiat przekwitający Wilting of flowers	100	100	100	100	prozarodek
<i>L. atlanticus</i>	Pełnia kwitnienia Full flowering	100	100	84	68	8-jądrowy woreczek zalążkowy. Sporadycznie prozarodek
	Okwiat przekwitający Wilting of flowers	100	100	100	100	prozarodek

Tabela 18
Table 18

Zachowanie się pyłku po wykonaniu ręcznego przepylecia
Behavior of pollen grain after hand crossing

Kierunek krzyżowania Direction of crossing	Czas po przepyleciu Time after pollination [h]	Obecność pyłku na znamieniu słupka Presence of pollen grains on stigma %	Kielkujący pyłek na znamieniu słupka Pollen grains germinating on stigma %	Łagiewki pyłkowe przerastające szyjkę słupka Pollen tubes growth through style %	Łagiewki pyłkowe przerastające zalążki Pollen tubes reached ovules %	Obecność prozarodka Presence of proembryos	Efektywność przekrzyżowania% (zawiązane nasiona na 100 przepylonych kwiatów) Efficiency of crosses % (seeds per 100 crossed flowers)
<i>L. albus</i> 'Butan' x <i>L. cosentinii</i>	24	60	60	20	0		0
	72	87	87	60	13		
	168	83	66	50	50	+	
<i>L. albus</i> 'Butan' x <i>L. atlanticus</i>	24	100	100	75	50		0
	72	92	83	58	18		
	168	100	75	37	37	+	
<i>L. cosentinii</i> x <i>L. albus</i> 'Butan'	24	70	0	0	0		2
	72	88	63	50	5	+	
	168	94	54	35	18	+	
<i>L. cosentinii</i> x <i>L. atlanticus</i>	24	60	0	0	0		8
	72	90	60	30	20	+	
	168	56	56	20	0		
<i>L. atlanticus</i> x <i>L. cosentinii</i>	24	92	47	20	20		11
	72	64	0	0	0		
	168	75	0	0	0	+	
<i>L. atlanticus</i> x <i>L. albus</i> 'Butan'	24	100	100	100	100	+	0
	72	70	30	10	10	+	
	168	100	0	0	0		

Studia nad zmiennością wybranych cech morfologicznych i użytkowych rodzaju *Lupinus* ze szczególnym uwzględnieniem mieszańców wewnątrz- i międzygatunkowych

Streszczenie

Celem podjętych badań było przeprowadzenie oceny zróżnicowania pod względem wybranych cech morfologicznych, struktury plonu oraz fenologii – na podstawie trzy-letnich doświadczeń polowych – następujących trzech grup materiałów kolekcyjnych: I – dzikich gatunków (*L. hispanicus subsp. hispanicus*, *L. cosentinii*, *L. atlanticus*, *L. pilosus*, *L. palaestinus*) ocenianych na tle wybranych genotypów z gatunków uprawnych (*L. angustifolius*, *L. albus*, *L. mutabilis*), II – siedem mieszańców wewnątrzgatunkowych *L. mutabilis* i ich form rodzicielskich, III – dziewięć mieszańców międzygatunkowych otrzymanych ze skrzyżowania łubinu białego (*L. albus sensu lato*) i łubinu andyjskiego (*L. mutabilis*). Ponadto przeanalizowano pod względem zmienności cech morfologicznych oraz liczby strąków z pędu głównego wraz ze stopniem odziedziczalności cech dwie populacje mieszańców pokolenia F₂ *L. angustifolius* – ('Emir' x LAE-1) i ('Emir' x 'Graf'). Podjęto także próbę międzygatunkowej hybrydyzacji i przeprowadzono anatomiczne oraz cytologiczne badania dotyczące możliwości otrzymania nowych mieszańców międzygatunkowych między sekcją Albus i Atlanticus. W tym celu przeanalizowano proces kontrolowanego zapylenia – wykonano obserwacje zachowania się pyłku (osadzanie się pyłku na znamieniu słupka, przerastanie łagiewek pyłkowych przez szyjkę słupka oraz zalążek) i rozwoju zarodków mieszańcowych po 24, 72 oraz 168 h po zapyleniu przy wykorzystaniu mikroskopu świetlnego oraz z fluorescencją.

Analizy statystyczne wykazały przydatność materiałów kolekcyjnych do celów hodowlanych oraz badań genetycznych. Dzikie gatunki należące do pierwszej grupy analizowanego materiału charakteryzowały się: średnio najniższymi roślinami, o najkrótszych kwiatostanach, długością okresu wegetacji poniżej 135 dni i najwyższym indeksie płodności. Indeks płodności pędu głównego był wyższy o 30–40% w porównaniu do ocenianych form *L. mutabilis* i mieszańców wewnątrzgatunkowych oraz międzygatunkowych. Na uwagę zasługuje *L. atlanticus*, który może stanowić cenne źródło cech związanych z elementami plonowania – wysoki indeks płodności w porównaniu z uprawnymi gatunkami oraz krótki okres wegetacji (120 dni) – zbliżony do *L. angustifolius*. Najwyższymi roślinami, o długich kwiatostanach i stosunkowo najniższym indeksie płodności charakteryzowały się rośliny badanych genotypów *L. mutabilis*. Jednakże wysoką plennością (powyżej 40 strąków z rośliny) cechowały się rośliny *L. mutabilis* 'Potosi'. Wprowadzając do formuły wewnątrzgatunkowych mieszańców *L. mutabilis* mutanta KW ze zdeterminowanym typem wzrostu (epigonalnym), uzyskano poprawę wiązania strąków na roślinie u dwóch mieszańców: (Mut-160 x KW) oraz (XM.5 x KW-12), a ponadto u drugiego mieszańca stwierdzono istotne ograniczenie liczby rozgałęzień bocznych. Pod względem tej cechy można będzie przeprowadzić jeszcze bardziej ukierunkowaną selekcję, dążąc do form o ograniczonej liczbie pędów

lub epigonalnych segregantów. Większość mieszańców wewnątrzgatunkowych charakteryzowała się wysokimi zakresami zmienności wartości masy tysiąca nasion. Z tego powodu istnieje konieczność przeprowadzenia dalszej selekcji w celu wyrównania wartości tej cechy.

Otrzymanie międzygatunkowych mieszańców *L. albus sensu lato* a *L. mutabilis* spowodowało podwyższenie indeksu płodności powyżej 45% w porównaniu do komponentu ojcowskiego, co wyraźnie widać u mieszańców (*L. vavilovi* x *L. mutabilis* LM.34), (*L. termis* x *L. mutabilis* Mut-628) oraz (*L. termis* x *L. mutabilis* KW). Najplenniejszym mieszańcem międzygatunkowym okazał się (*L. mutabilis* LM.13 x *L. graecus*) – powyżej 30 strąków z rośliny. Mieszaniec (*L. mutabilis* XM.5 x *L. vavilovi*) charakteryzował się najkrótszym okresem wegetacji, a jednocześnie wyróżnił się pod względem liczby strąków z rośliny oraz wysoką zmiennością, co świadczy o możliwości dokonania dalszej selekcji w kierunku poprawienia jego plenności.

Uzyskane stosunki rozszczepień w pokoleniu F₂ *L. angustifolius* pod względem barwy nasion jak i kwiatów wskazują, iż obie cechy dziedziczą się u ocenianych populacji w sposób prosty (mendłowska segregacja). W pokoleniu F₂ mieszańców ('Emir' x LAE-1) oraz ('Emir' x 'Graf') nastąpiło znaczne poszerzenie zakresu zmienności w stosunku do form rodzicielskich, a także zaobserwowano transgresję dodatnią oraz ujemną. Dla większości badanych cech (wysokość pędu głównego, wysokość całej rośliny, liczba rozgałęzień I rzędu, długość kwiatostanu pędu głównego) stwierdzono istotny wpływ czynnika genetycznego na ekspresję badanych cech, gdyż obliczone wartości współczynników odziedziczalności wynosiły od 55 do 81%, z wyjątkiem masy tysiąca nasion oraz liczby strąków z pędu głównego.

Przeprowadzona analiza procesu zapylenia między wybranymi przedstawicielami sekcji *Albus* oraz *Atlanticus* wykazała istnienie barier postzygotycznych. Po skrzyżowaniu *L. albus* 'Butan' x *L. atlanticus*, *L. atlanticus* x *L. albus* 'Butan' i *L. albus* 'Butan' x *L. cosentinii* obserwowano najwyższy udział szupków z łagiewkami penetrującymi szyjkę, ale największą efektywność w postaci zawiązanych nasion stwierdzono w układzie krzyżowania *L. atlanticus* x *L. cosentinii* (11%) oraz *L. cosentinii* x *L. atlanticus* (8%).

Studies on the variability of some morphological and functional characters of *Lupinus* with particular consideration intra and interspecific hybrids

Summary

The aim of this study was to provide the diversity in regard to selected morphological characters, yield structure and phenology of the following three groups of collected materials based on three years fields experiments: I – wild species of lupins (*L. hispanicus* subsp. *hispanicus*, *L. cosentinii*, *L. atlanticus*, *L. pilosus*, *L. palaestinus*) compared with selected genotypes of cultivated species (*L. albus*, *L. angustifolius* and *L. mutabilis*), II – seven intraspecific hybrids of Andean lupine and their parental forms and III – nine interspecific hybrids derived from crosses of Albus section representatives lupin and Andean lupin. Moreover two populations of *Lupinus angustifolius* hybrids F₂ progeny – obtained after crossing ('Emir' x LAE-1) and ('Emir' x 'Graf') – have been analyzed in regards to the morphological traits variability and their degree of heritability. There were also attempts to interspecific hybridization and performed anatomical and cytological studies and evaluation of the possibility of obtaining new interspecific hybrids between Albus and Atlanticus sections. For this aim, the process of control pollination was examined and the pollen grains behaviors (pollen presence on the stigma, germinating pollen grains on stigma, pollen tubes growth through style, pollen tubes reached ovules) and development of hybrid embryos stages after 24, 72 and 168 h after pollination were observed using light and fluorescent microscop:

Statistical analysis showed the usefulness of collected materials and hybrids for breeding purposes and genetic research. The wild species belonging to the first group of studied material were characterized by: the lowest plants, the shortest of inflorescences, the less than 135 days growing season, and the highest index of fertility. The fertility index of the main stem was greater about 30–40% compared to the *L. mutabilis*, intraspecific and interspecific hybrids. It is necessary to underline that *L. atlanticus* seems to be interesting source of traits connected with yielding elements – high fertility index in comparison with cultivated species and the short vegetation period (120 days) – congenial with *L. angustifolius*. The tallest plants with long inflorescences, and the relatively low index of fertility characterized by plants tested in *L. mutabilis*. However, high yielding (above 40 pods per plant) characterized plants of *L. mutabilis* 'Potosi'.

Introducing to the intraspecific hybrids the mutant KW with determined type of growth (epigonal) was improving number of pods per plant in two hybrids: (Mut-160 x KW) and (XM.5 x KW-12). Moreover, in the latest hybrid was observed the significant reduction in the number of lateral branches. In terms of this characteristic could be carried out more targeted selection of form with limited number of shoots or epigonal type of growth. Intraspecific hybrid (LM.34 x Mut-45) gave above 30 pods per plant. Most of these hybrids were characterized by wide ranges of variability values of thousand weight seeds. For this reason, there was a need for further selection in order to compensate for the value of this trait.

Obtaining interspecific hybrids between *L. albus sensu lato* and *L. mutabilis* resulted in an increase fertility index above 45% compared to the male component, which is clearly seen in the hybrids: (*L. vavilovi* x *L. mutabilis* LM.34), (*L. termis* x *L. mutabilis* Mut-628) and (*L. termis* x *L. mutabilis* KW). The most yielding interspecific hybrid was (*L. mutabilis* LM.13 x *L. graecus*) gave more than above 30 pods per plant. The hybrid (*L. mutabilis* XM.5 x *L. vavilovi*) was characterized by the shortest growing season, and it was also distinguished by number of pods per plant, and high variability of remains traits, which suggest the possibility of further selection in the direction of improving fertility and yielding.

Splitting ratios obtained in the F₂ progeny, in regards to *L. angustifolius* color seed and flower showed that both traits were inherited in a simple way (Mendelian segregation). In the F₂ progeny mieszańców ('Emir' x LAE-1) oraz ('Emir' x 'Graf') was considerably wider range of variability in relation to the parental forms, and the positive as well as negative transgression were observed. For most of the studied traits (height of the main stem, plant height, lateral branches of 1st order, inflorescence of main stem length) significant influence of genetic factors were founded because of calculated values of heritability coefficients ranged from 55 to 81%, only exceptions of a thousand seed weight and number of pods from the main stems.

The analysis of pollination process between selected representatives *Albus* and *Atlanticus* section revealed the existence of postzygotic barriers. After crossing *L. albus* 'Butan' x *L. atlanticus*, *L. atlanticus* x *L. albus* 'Butan' and *L. albus* 'Butan' x *L. cosentinii* were observed the highest percentage of pollen tubes penetrating style necks, but the greatest efficiency in a setting seeds were found in the following crosses: *L. atlanticus* x *L. cosentinii* (11%) and *L. cosentinii* x *L. atlanticus* (8%).